



Universitat
de les Illes Balears

TESI DOCTORAL

2015

**PRECIPITACIONS I ESCORRENTIA A LES
CONQUES TORRENCIALS DE MALLORCA**

JOAN ROSSELLÓ GELI



Universitat
de les Illes Balears

TESI DOCTORAL

2015

**Programa de Doctorat de SOCIETAT, TERRITORI
I MEDI AMBIENT**

**PRECIPITACIONS I ESCORRENTIA A LES
CONQUES TORRENCIALS DE MALLORCA**

JOAN ROSSELLÓ GELI

Director: DR. MIQUEL GRIMALT GELABERT

Doctor per la Universitat de les Illes Balears

*Baixa la pendent
d'estret horitzò,
mitja carreró
i mitja torrent.*

*Cada casa sent
pel seu pontarró
passar la remó
de l'aigua corrent.*

*La vida s'escola
el sol va a la posta
i el torrent a la mar.*

*Blanca de bromera
cau la torrentera
amb la seva veu de tro.*

Joan Alcover, Notes de Deià.

AGRAÏMENTS.

Durant el treball desenvolupat per a realitzar aquesta tesi molta gent ha aportat una mica del seu temps bé per ajudar en alguna part de la mateixa bé per donar-me el seu suport. Per això mateix es fa difícil anomenar a tothom de manera que, en primer lloc, vull dar les gràcies als membres del Departament de la Universitat de les Illes Balears, primer professors i després companys ja que el meu creixement personal dins la Geografia s'inicia amb la seva dedicació cap aquesta ciència.

Dintre del departament una menció especial va dirigida a Climent Picornell, el meu primer professor de Geografia Física, que va ficar dins jo el cuquet per la feina de recerca i per conèixer més d'aquesta disciplina.

Una altra menció, encara més sentida, va per na Mercedes Laita, amiga i companya que, malhauradament ja no és entre nosaltres. A na Mercedes li dec moltes coses però sobretot moltes paraules d'ànim i ben segur que veure aquest treball finalitzat la deu alegrar allà on és. Com me va dir un dia, "seguro que puedes" i ara li puc dar la raó.

No puc oblidar al doctor Miquel Grimalt, director d'aquesta tesi i culpable de la meva deria pels torrents i les inundacions. Encara record el primer pic que, allà pel 1989, me va demanar per anar a fer feina de camp amb ell, "a mirar torrents". Ha estat un camí llarg, amb molts entrebancs, però al final hem arribat. Quedarà molt per fer però el camí ja està obert.

Fora del departament però encara a la UIB vull tenir una dedicatòria per Romu Romero, del grup de Meteorologia del departament de Físiques. Jo vaig viure la seva tesi fa ja un bon grapat d'anys i des de llavors no s'ha aturat de demanar com estava la tesi i a veure si ja l'acabava d'una vegada, sempre amb paraules de suport.

Altres persones que han aportat el seu granet d'arena són Carme Llasat de la Universitat de Barcelona i Olga Petrucci del CNR italià, companyes del projecte HyMeX, i que també han ajudat per que aquesta tasca arribi a bon port.

També he d'agraïr a Joan Puigserver i a Xisco Arbona, observadors de l'AEMET de les estacions de Sa Vinyassa i d' Es Marroig, la seva ajuda i els seus valuosos comentaris sobre la pluja a la vall de Sóller.

Gràcies també a Salvador Martínez per les correccions ortogràfiques.

Finalment, no puc deixar de banda a la meva família. Per una banda els meus pares que, guardant les netes, han ajudat a desenvolupar la part més complicada d'aquesta tesi, escriure i que tampoc han deixat mai d'insistir en arribar al final.

Per altra banda, a na Joana gràcies per aguantar aquesta etapa final i a na Laia, na Petra i na Roser, les meves filles, que poden veure acabada aquesta tasca que els hi ha robat temps per estar amb el seu pare. A elles va dedicada, sobretot, aquesta memòria.

INDEX

RESUM	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCIÓ.	
1.1 DEFINICIÓ D'INUNDACIÓ	9
1.2 ELS FLASH FLOODS: EXTREMS DESCONEGUTS	11
1.3 OBJECTIUS I METODOLOGIA	13
1.4 ESTRUCTURA DE LA TESI	15
1.5 JUSTIFICACIÓ DE LES ÀREES D'ESTUDI	18
2. ESTAT DE LA QUESTIÓ: REVISIÓ BIBLIOGRÀFICA.	
2.1 GENERALITATS	21
2.2 DINÀMIQUES DELS FLASH FLOODS	22
2.3 REVINGUDES LLAMPEC A L'ESTAT ESPANYOL	25
3. L'ANÀLISI DE LES INUNDACIONS.	
3.1 GENERALITATS	32
3.2 L'ANÀLISI POST-ESDEVENIMENT	34
3.3 EL TREBALL DE CAMP DESENVOLUPAT	39
4. MÈTODES DE CàLCUL DE CABALS.	
4.1 ELS MÈTODES D'ESTIMACIÓ	49
4.2 ELS MODELS INFORMÀTICS	63
5. PRECIPITACIONS, CORRENTIA SUPERFICIAL I INUNDACIONS A MALLORCA.	
5.1 LES PRECIPITACIONS	68

5.2	LA CORRENTIA SUPERFICIAL	72
5.3	L'ESTUDI DE LES INUNDACIONS: ESTAT DE LA QUESTIÓ	78
5.4	INUNDACIONS HISTÒRIQUES I CONTEMPORÀNIES	82
6. LES ÀREES D'ESTUDI.		
6.1	POLLENÇA	90
6.1.1	TRETS GEOGRÀFICS	90
6.1.2	DESCRIPCIÓ DE LA CONCA I CARACTERITZACIÓ MORFOMÈTRICA	94
6.1.3	INUNDACIONS HISTÒRIQUES I CONTEMPORÀNIES	101
6.2	SÓLLER	104
6.2.1	TRETS GEOGRÀFICS	104
6.2.2	DESCRIPCIÓ DE LA CONCA I CARACTERITZACIÓ MORFOMÈTRICA	110
6.2.3	INUNDACIONS HISTÒRIQUES I CONTEMPORÀNIES	114
7. LES PRECIPITACIONS TORRENCIALS.		
7.1	GENERALITATS	120
7.2	SÓLLER	124
7.3	POLLENÇA	134
8. ELS CASOS D'ESTUDI.		
8.1	POLLENÇA	147
8.1.1	DESEMBRE 2004	147
8.1.2	NOVEMBRE 2005	151
8.1.3	ABRIL 2007	157
8.2	SÓLLER	162
8.2.1	DESEMBRE 2006	162
8.2.2	ABRIL 2007	167

9. APLICACIÓ D'ALTRES MÈTODES DE CÀLCUL.

9.1 CABALS ESPERABLES SEGONS ELS MÈTODES INDIRECTES	174
9.1.1 MÈTODE DE G. QUIJANO	174
9.1.2 MÈTODE DE ZAPATA	175
9.1.3 MÈTODE D'HERAS	175
9.2 CABALS ESPERABLES SEGONS EL MÈTODE DE TÉMEZ	177

10. RESULTATS.

10.1 EL COMPORTAMENT DE LES CONQUES	187
10.1.1 POLLENÇA	187
10.1.2 SÓLLER	194
10.2 ELS CABALS: COMPARACIÓ DE RESULTATS	200
10.3 CLASSIFICACIÓ DE LES INUNDACIONS	213

11. CONCLUSIONS.

11.1 LA PRECIPITACIÓ	225
11.1.1 PRECIPITACIONS INTENSES ALS SECTORS D'ESTUDI (1950-2000)	225
11.1.2 PRECIPITACIONS A LA PRIMERA DÈCADA DEL SEGLE XXI	228
11.2 LES CONQUES	229
11.3 ELS CABALS	233
11.3.1 ELS CABALS ESTIMATS AMB EL TREBALL DE CAMP	233
11.3.2 L'APLICACIÓ D'ALTRES MÈTODES D'ESTIMACIÓ DE CABALS I EL SEU CONTRAST AMB LES DADES DE CAMP	237
11.4 FUTURA RECERCA A DESENVOLUPAR	238

12. BIBLIOGRAFIA.	241
--------------------------	-----

ANNEX I. FITXES RESUM DEL TREBALL DE CAMP.	264
ANNEX II. CÀLCUL DE CABALS AMB EL MÈTODE RACIONAL.	325
ANNEX III. LLISTAT DE DIES AMB MÉS DE 100 MM DE PLUJA.	349

INDEX DE FIGURES I GRÀFIQUES

- Figura 1.1 Esquema de l'estructuració d'objectius i mètodes emprats.
- Figura 3.1 Fase inicial en el procés de mesura de l'alçada assolida per l'aigua. Torrent de son Marc a Ca'n Guilló (2005).
- Figura 3.2 Senyes indicadores del nivell de l'aigua. Torrent de sa Figuera (1994).
- Figura 3.3 Element vertical de mesura. Torrent de la vall de'n Marc (2005).
- Figura 3.4 Estructura de la mesura dels cabals als punts aforats.
- Figura 3.5 Exemple de perfils a una fitxa d'aforament.
- Figura 4.1 Valors del coeficient K.
- Figura 4.2 Relació entre la intensitat horaria i la intensitat diària mitjana.
- Figura 4.3 Esquema d'un model distribuït.
- Figura 5.1 Localització geogràfica del clima mediterrani.
- Figura 5.2 Situació de Balears dins el cosmos mediterrani.
- Figura 5.3 La Mediterrània Occidental i la seva orografia.
- Figura 5.4 Vessants de l'illa de Mallorca.
- Figura 5.5 Xarxa d'estacions d'aforament de Mallorca.
- Figura 6.1 Localització de Pollença.
- Figura 6.2 Xarxa de torrents de la vessant de Pollença.
- Figura 6.3 Àrees de risc d'inundació properes al sector urbà.
- Figura 6.4 Localització de Sóller.
- Figura 6.5 Xarxa de torrents de la vessant de Sóller.
- Figura 6.6 Àrees de risc d'inundació a la part baixa de la conca.
- Figura 7.1 Model de distribució de pluja número 5.
- Figura 7.2 Model de distribució de pluja número 6.
- Figura 7.3 Model de distribució de pluja número 7.
- Figura 7.4 Model de distribució de pluja número 8.

Figura 7.5 Model de distribució de pluja número 9.

Figura 7.6 Localització de les estacions a la vessant de Sóller.

Gràfica 7.1 Percentatge del repartiment estacional dels casos.

Gràfica 7.2 Percentatge del repartiment estacional dels casos per dècades.

Figura 7.7 Localització de les estacions a la vessant de Pollença.

Gràfica 7.3 Percentatge del repartiment estacional dels casos.

Gràfica 7.4 Percentatge del repartiment estacional dels casos per dècades.

Figura 8.1 Situació atmosfèrica el 6 de desembre de 2004.

Figura 8.2 Repartiment de les pluges dia 6 de desembre.

Figura 8.3 Distribució dels cabals màxims de dia 6 de desembre.

Figura 8.4 Situació atmosfèrica el 11 de novembre de 2005.

Figura 8.5 Repartiment de les pluges dia 11 de novembre.

Figura 8.6 Distribució dels cabals màxims de dia 11 de novembre.

Figura 8.7 Situació atmosfèrica el 14 d'abril de 2007.

Figura 8.8 Repartiment de les pluges dia 14 d'abril.

Figura 8.9 Distribució dels cabals màxims de dia 14 d'abril.

Figura 8.10 Situació atmosfèrica el 23 de desembre de 2006.

Figura 8.11 Repartiment de les pluges entre els dies 20 i 23 de desembre.

Figura 8.12 Distribució dels cabals màxims de dia 23 de desembre.

Figura 8.13 Situació atmosfèrica el 14 d'abril de 2007.

Figura 8.14 Repartiment de les pluges dia 14 d'abril.

Figura 8.15 Distribució dels cabals màxims de dia 14 d'abril.

Figura 9.1 Coeficient corrector del llindar de correntia.

Figura 10.1 Traspassament de cabals a l'episodi de 2004.

Figura 10.2 El traspassament de cabals de desembre de 2004 sobre una imatge satèl.lit.

Figura 10.3 Pont de son Marc, superat per la torrentada de 2004 que danyà el camí a cada costat del pont.

Figura 10.4 Pont del torrent de son Grua.

Figura 10.5 Marges erosionats i llit malmés al torrent de son Sales.

Figura 10.6 Torrent de Mortitxet dia 14 d'abril de 2007.

Figura 10.7 El torrent Major al pont del Camp de sa Mar.

Figura 10.8 Carrer anegat a la platja de'n Repic.

Figura 10.9 Desbordament del torrent Major a sa Cimentera.

Figura 10.10 Vehicls atrapats per l'aigua al parking de Ca'n Miró.

Figura 10.11 Casa anegada al Camp de sa Mar.

Figura 10.12 Restes de la torrentada al torrentó de Ca'n Creueta.

Figura 10.13 Cabals punta al torrent de Sant Jordi. 6 desembre 2004.

Figura 10.14 Cabals punta al torrent de Sant Jordi. 11 novembre 2005.

Figura 10.15 Cabals punta al torrent de Sant Jordi. 14 abril 2007.

Figura 10.16 Cabals punta al torrent Major. 24 desembre 2006.

Figura 10.17 Cabals punta al torrent Major. 14 abril 2007.

INDEX DE TAULES

Taula 2.1 Inundacions al litoral mediterrani entre l'any 2000 i 2012.

Taula 3.1 Informacions a cercar en esdeveniments extrems.

Taula 3.2 Pases en el procés de recollida de dades i el seu anàlisi.

Taula 4.1 Paràmetres de la fórmula d'Heras.

Taula 5.1 Llistat d'estudis oficials sobre inundacions a Mallorca.

Taula 5.2 Cabals màxims mesurats als torrents de Mallorca.

Taula 5.3 Tipologia d'inundacions a Mallorca.

Taula 6.1 Variables morfomètriques del torrent de Sant Jordi.

Taula 6.2 Variables morfomètriques del torrent Major.

Taula 6.3 Inundacions històriques a la conca de Sóller.

Taula 7.1 Tipus de pluja segons l'acumulació mm/hora.

Taula 7.2 Estacions meteorològiques a la vessant de Sóller.

- Taula 7.3 Repartiment mensual dels esdeveniments plujosos.
- Taula 7.4 Repartiment mensual per dècades.
- Taula 7.5 Repartiment dels episodis per dècades.
- Taula 7.6 Jornades de precipitacions torrencials consecutives.
- Taula 7.7 Exemples de pluges torrencials i la seva contribució mensual i anual.
- Taula 7.8 Estacions meteorològiques a la vessant de Pollença.
- Taula 7.9 Repartiment mensual dels esdeveniments plujosos.
- Taula 7.10 Repartiment mensual per dècades.
- Taula 7.11 Repartiment dels episodis per dècades.
- Taula 7.12 Jornades de precipitacions torrencials consecutives.
- Taula 7.13 Exemples de pluges torrencials i la seva contribució mensual i anual.
- Taula 8.1 Precipitacions recollides durant l'episodi de desembre de 2004.
- Taula 8.2 Cabals assolits als punts de mesura.
- Taula 8.3 Precipitacions recollides durant l'episodi de novembre de 2005.
- Taula 8.4 Cabals assolits als punts de mesura.
- Taula 8.5 Precipitacions recollides durant l'episodi d'abril de 2007.
- Taula 8.6 Cabals assolits als punts de mesura.
- Taula 8.7 Precipitacions recollides durant l'episodi de desembre de 2006.
- Taula 8.8 Cabals assolits als punts de mesura.
- Taula 8.9 Precipitacions recollides durant l'episodi d'abril de 2007.
- Taula 8.10 Cabals assolits als punts de mesura.
- Taula 9.1 Resultats dels mètodes indirectes.
- Taula 9.2 Plugues esperables segons el període de retorn.
- Taula 9.3 Estimació inicial del valor de P_0 .
- Taula 9.4 Llindar de correntia a la conca del torrent de Sant Jordi.
- Taula 9.5 Llindar de correntia a la conca del torrent Major.
- Taula 9.6 Cabals esperables al torrent de Sant Jordi.

Taula 9.7 Cabals esperables al torrent Major.

Taula 9.8 Cabals esperables al torrent de Sant Jordi.

Taula 9.9 Cabals esperables al torrent Major.

Taula 10.1 Comparació de cabals en els punts d'aforament.

Taula 10.2 Comparativa de cabals a ambdues conques.

Taula 10.3 Valors de cabal comparats.

Taula 10.4 Cabals màxims (m^3/s) estimats a partir del treball de camp.

Taula 10.5 Àrea dels torrents afectats i cabals assolits.

Taula 10.6 Dades del torrent i cabal màxim aplicant el MRM.

Taula 10.7 Valoració dels danys als episodis d'inundació a Pollença.

Taula 10.8 Valoració dels danys als episodis d'inundació a Sóller.

Taula 10.9 Comparació entre les precipitacions i la classificació de les inundacions.

Taula 11.1 Paràmetres morfomètrics de les conques estudiades.

RESUM

Aquesta tesi tracta el tema de les inundacions, concretament preten analitzar les puntes de cabal que s'originen a conques torrencials de Mallorca.

La importància de les inundacions al món mediterrani és quelcom prou reconegut. Aquests fenòmens naturals són elements quotidians de la vida que, fins no fa molt, eren una eina útil per a les societats agràries. A l'actualitat, i amb els canvis demogràfics i urbanístics a la conca mediterrània, s'han convertit en uns factors de risc que convé estudiar per evitar danys i pèrdues materials i de vides humanes.

L'estudi dels cabals punta implica analitzar la precipitació, com a factor que origina les inundacions, així com els trets més destacats de les conques escollides, trets que poden provocar la intensificació o atenuació de les torrentades.

Donat que a Mallorca la forma d'inundació més extesa són els *flash-floods* o revingudes llampec s'ha portat a terme una recerca metodològica respecte al seu estudi i s'ha fet una caracterització de la precipitació i la correntia a l'illa de Mallorca. Ja que les dades de cabals són poc conegudes per la manca de xarxes foronímiques, s'ha triat fer els càlculs per assolir el seu coneixement a partir de l'aplicació del mètode post-esdeveniment, que és considerat prou adient per aquest tipus de recerca.

S'ha desenvolupat un treball de camp consistent en la trobada de seccions amb bones dades de *high-water marks*, senyes que permeten conèixer l'altura de les aigües en el moment de la revinguda. Aquesta metodologia s'ha aplicat a dues conques de la

serra de Tramuntana de Mallorca, conques que al llarg de la primera dècada del segle XXI han patit diferents episodis torrencials de mitjana intensitat.

Els resultats mostren com, malgrat les elevades quantitats de precipitació que originen alguns esdeveniments, les puntes de cabal no són gaire altes, en comparació amb altres casos estudiats arreu de Mallorca. Les puntes són de ràpida formació però el seu increment aigües avall és molt irregular.

Una vegada coneguts els valors dels cabals s'ha optat per aplicar altres mètodes de càlcul de cabals per a fer una comparació dels resultats. En general, les mesures que provenen dels mètodes indirectes sobre-estimen de manera destacada les dades que provenen del treball de camp.

Es conclou que la pluja, sobretot la seva intensitat temporal i la seva distribució espacial, és el principal factor a l'origen de les inundacions i que l'acció de l'home, per les modificacions fetes sobre la xarxa de torrents, juga un paper molt important en el desenvolupament de les crescudes.

RESUMEN

Esta tesis trata el tema de les inundacions, concretamente pretende analizar las puntas de caudal que se originan en cuencas torrenciales de Mallorca.

La importancia de las inundaciones en el mundo mediterráneo es algo reconocido. Estos fenómenos naturales son elementos cotidianos de la vida que, hasta no hace mucho, eran una herramienta de gran utilidad para las sociedades agrícolas. En la actualidad, y debido a los cambios demográficos y urbanísticos en la cuenca mediterránea, se han convertido en factores de riesgo que conviene estudiar para evitar daños materiales, la pérdida de bienes y de vidas humanas.

El estudio de los caudales punta implica analizar la precipitación como factor que origina las inundaciones, así como los rasgos definidores de cada cuenca escogida, rasgos que pueden intensificar y atenuar las crecidas de caudal.

Dado que en Mallorca la forma más extendida de inundación es el tipo *flash-floods* o avenida relámpago, se ha realizado una búsqueda metodológica referida a como estudiarlas y se ha desarrollado una caracterización de la precipitación y de la escorrentía en la isla de Mallorca. Debido a que los datos de caudales són poco conocidos debido a la falta de una red foronómica se ha decidido hacer los cálculos a partir de la aplicación del método post-evento, que se ha considerado lo suficientemente adecuado para este tipo de investigación.

El trabajo de campo ha consistido en la búsqueda de secciones con unas buenas *high-water marks*, las marcas que permiten conocer el

nivel que alcanza el agua en el momento de la avenida. Esta metodología se ha aplicado en dos cuencas de la serra de Tramuntana, cuencas que a lo largo de la primera década del siglo XXI han sido afectadas por episodios torrenciales de mediana intensidad.

Los resultados muestran como, a pesar de las elevadas cantidades de precipitación que originan estos casos, las puntas de crecida no son muy altas, si se comparan con otros episodios estudiados en Mallorca. Las puntas tienen un proceso de formación muy rápido pero su incremento aguas abajo es muy irregular.

Una vez se han conocido los valores de los caudales se ha optado por aplicar otros métodos de cálculo para comparar los resultados. En general, las medidas que se obtienen con los métodos indirectos sobreestiman de forma destacada los valores que se han calculado con el trabajo de campo.

Se concluye que es la lluvia, sobretodo su intensidad temporal y su distribución espacial, el principal factor en el origen de estas inundaciones y que la acción del hombre, por las modificaciones desarrolladas sobre la red de torrentes, juega un papel muy importante en el desarrollo de las crecidas.

ABSTRACT

The aim of the thesis is to study the flood events and the flood peaks originated in the torrential catchments of Mallorca.

The importance of flooding in the Mediterranean area is well-known. These natural phenomena are everyday elements of life and, until recently, were an useful tool for agricultural societies. At present, and due to the demographic and urban changes in the Mediterranean basin, floods have become a risk factor that should be studied to prevent damages, the loss of property and human lives.

The study of peak flows involves analyzing precipitation, as a factor that triggers flood events, and the main features of the selected watersheds, features that can increase or decrease the flood peaks.

Since in Mallorca the most widespread form of flooding is the flash-flood, there has been a research form a methodology about how to study flash floods. A characterization of rainfall and runoff in Mallorca has been developed. Data about flows is poorly known due to the lack of an extended gauging network and the use of a post-event study method was applied in order to calculate the flow levels. Post-event research has been widely accepted as an adequate system to do this kind of research.

A field work research was done to find sections with good high water marks, marks that provide information about the level reached by the water at the time of the flood. This methodology has been applied to two basins of the Serra de Tramuntana range, basins that, in the first decade of the 21st century, have been affected by torrential episodes of medium intensity.

Results show that, despite the large amounts of rainfall that caused these events, the flood peaks are not very high in values, especially when compared with other cases studied in Mallorca. The flood peaks have a short time of formation but its increase downstream is very irregular.

Once the values of the peaks are known, it has been decided to apply other calculation methods in order to compare results. In general, the results obtained with the indirect methods prominently overestimate the values that have been calculated from the field work data.

It is concluded that the rain, its intensity and spatial distribution, is the main factor in the origin of flood events and the man actions, mainly modifications of the stream network, play an important role in the flood development.

1. INTRODUCCIÓ

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

1.1 DEFINICIÓ D'INUNDACIÓ

Una inundació es pot definir com el procés pel qual una àrea normalment seca queda plena d'aigua com a conseqüència del desbordament d'un canal d'aigua existent (riu, torrent, etc) o per l'acumulació d'aigua a un lloc proper on s'ha produït molta precipitació (Gouldby et al, 2007). Una inundació succeeix quan un sistema de drenatge rep més aigua de la que pot absorbir.

En un àmbit de conques de reduïdes dimensions i forta torrencialitat pluviomètrica, com és el cas de Mallorca, el model típic de revinguda és el *flash flood* o revinguda llampec. Existeix abastament literatura científica que ofereix diferents definicions d'aquest fenomen. La majoria de cites fan referència al reduït lapse temporal entre la precipitació causant de l'esdeveniment i la punta de crescuda de la inundació. El terme *flash flood* fou proposat per l'Associació Internacional de les Ciències Hidrològiques i s'entén com: "inundacions de sobtada aparició, difícilment previsibles, de ràpid temps de crescuda i amb cabal específic relativament important. Aquestes inundacions estan lligades generalment a episodis plujosos intensos i apareixen habitualment a conques de talla moderada" (IAHS-UNESCO-WMO, 1974).

Segons l'AMS (2000) "una revinguda llampec és una inundació que creix i decau ràpidament amb cap o molt poc marge d'avís, normalment el resultat d'una intensa pluja sobre una zona relativament petita".

La curta escala temporal dels *flash floods* té varies implicacions a nivel definitori. Kelsch et al (2000) diuen que: "els *flash floods* són fenòmens en els quals importants processos hidrològics tenen lloc a la mateixa escala de temps i espai que processos de precipitació intensa". Aquesta ocurrència en poc temps implica que el període

d'alerta sigui també molt curt, com el projecte ACTIF (2004) remarca: "un *flash flood* és una inundació que amenaça amb danys a espais crítics dins la conca ja que el temps de desenvolupament de la inundació des de la part alta de la conca és inferior que el temps que se tarda en activar l'alerta i les mesures de protecció a la part baixa de la conca. Fins i tot amb les actuals eines tecnològiques, si l'esdeveniment es pogués preveure no hi hauria prou temps per implementar mesures com l'evacuació de la població".

Segons les definicions que fins ara s'han vist, podem dir que un *flash flood* és una inundació caracteritzada per una resposta ràpida, amb nivells d'aigua que assoleixen una punta dins la xarxa de drenatge en qüestió de minuts i fins a sis hores (llindar aplicat als Estats Units) o 10 hores (llindar admès a l'Unió Europea) després de la caiguda de la pluja, tot plegat deixant molt poc temps d'avís.

Donat aquest curt temps de resposta, els *flash floods* són fenòmens localitzats que solen tenir lloc a conques de fins a poc milers de km² d'extensió (Hirschboek, 1987; Creutin i Borga, 2003; O'Connor i Costa, 2004; Borga et al, 2008). La majoria d'esdeveniments tenen lloc a conques de petites dimensions, entorn del centenar de km² o menys fins i tot (Gaume, 2006). Aquestes conques responen ràpidament a la precipitació per mor de la presència de fortes pendents, superfícies impermeables, sòls saturats o per l'acció antròpica que ha modificat el drenatge natural (per exemple la urbanització).

La manca de dades de mesura fiables i la dificultat per aconseguir-les són un exemple de l'excepcionalitat i la raresa d'aquest fenomen (Costa, 1987; Alcoverro et al, 1999; Rico et al, 2001), ben al contrari que les anomenades "plain floods" que, al afectar grans conques són més fàcils d'estudiar i analitzar. La diferenciació entre les inundacions "extenses", entenent-ho com aquelles que tenen una escala espacial i

temporal gran, i les revingudes llampec és molt important de cara a entendre els trets definidors de cada procés.

1.2 ELS FLASH FLOODS: EXTREMS DESCONEGUTS

Donades les seves característiques a escala espacial i temporal, els *flash flood* són esdeveniments difícils de monitoritzar. Es tracta de fenòmens que tenen lloc a unes escales de temps i d'espai que les xarxes convencionals de mesura, tant de precipitació com de correntia, no poden cobrir de manera efectiva (Creutin i Borga, 2003).

La seva distribució espacial, sovint molt localitzada, fa difícil fer un seguiment d'aquests fets durant campanyes de camp que cobreixen grans regions o bé emprant el sistema de conques experimentals amb àrees de drenatge de pocs km². Tot plegat això suposa que la investigació dels *flash floods* sigui necessàriament oportunista, és a dir, que consisteixi en desenvolupar la recerca una vegada l'esdeveniment ha passat. És en aquest moment en què la recerca post-esdeveniment, coneguda com *post-event survey* en anglès, es converteix en l'eina bàsica per assolir informació relevant referida als *flash floods*.

Per documentar esdeveniments d'inundació s'han emprat de manera habitual estimacions indirectes de cabal així com les precipitacions màximes recollides. L'objectiu final era respondre a preguntes que sorgeixen després de fenòmens extrems per part de la població i dels poders civils: Per què ha passat? i amb quina freqüència pot passar quelcom semblant?

La recollida i anàlisi d'estudis semblants permet desenvolupar un millor enteniment del comportament dels *flash floods* però la manca de dades adients, sobretot pel que fa a precipitacions, i la necessitat d'un treball de camp exhaustiu poc temps després de l'esdeveniment

provoca que el procés de funcionament d'un *flash flood* sigui encara ara objecte de nombrosos estudis, ja que, de cada vegada més, un major nombre de població es veu afectada per inundacions sobtades a les zones costaneres d'Europa (Llasat, M.C. et al, 2008; Olcina Cantos, J. et al, 2010; Lara, A. et al, 2010; Vinet, F., 2008).

L'ús creixent de models informàtics i de les xarxes de radars meteorològics ha permès un progrés en el coneixement del comportament de la pluja i la correntia durant els esdeveniments. Malgrat tot, una sèrie de problemes es fan presents.

Per una banda les petites conques habitualment afectades per revingudes llampec no tenen xarxes d'aforament i, per tant, els models no poden ser calibrats de manera correcta. Ademés, la majoria de models demanen dades referides al terreny i a condicions d'humitat del sòl que no sempre poden ser conegudes.

Per altra banda, el procés dominant en la generació del *flash flood*, la pluja, varia segons la intensitat de la tempesta i el seu recorregut espacial sobre la conca. La quantitat de precipitació pot provocar que un esdeveniment es transformi d'ordinari en extraordinari (Doswell et al, 1996).

Les dades de precipitació disponibles no permeten una cobertura completa de tots els esdeveniments ja que faria falta una xarxa d'estacions amb una escala de cobertura espacial molt completa i una escala temporal de l'ordre dels 15-30 minuts. L'existència del radar afavoreix el coneixement del comportament de la pluja però no sempre és possible emprar dades radar de manera que, en ocasions, no es tenen les dades necessàries per a completar l'estudi d'esdeveniments concrets.

Entre els mètodes per fer estimacions de cabal punta es poden distingir els següents:

- El mètode "slope-area" o àrea-pendent. Aquest mètode suposa que hi ha un règim de flux uniform en el llit i una correntia gradualment variada. S'ha de conèixer el coeficient k (coeficient de Manning) que influeix sobre el cabal (Castellarin et al, 2004). No és aplicable quan l'erosió és massa important i cal trobar un tram dins la conca on se pugui aplicar.
- El mètode de la secció crítica, molt pràctic ja que només demana disposar d'informacions geomètriques. S'ha d'emprar amb cura ja que una errada geomètrica pot provocar greus errors de càlcul (Alcoverro et al, 1999).
- Els mètodes paleo-hidràulics, que parteixen del principi que existeix una relació entre el tamany del mac més gran mogut per l'aigua i la velocitat assolida per la crescuda (Costa, 1983). L'estimació del diàmetre mitjà del mac no és fàcil el que pot donar peu a errades d'interpretació. De tota manera, s'ha revelat que la reconstrucció de paleo-crescudes, a conques no aforades, pot ser una bona eina per a poder afegir paràmetres als models i per a comparar amb els resultats d'altres mètodes (Rico et al, 2001).

Altres mètodes d'estimació són els que empren dades com el transport sòlid de la conca i les remodelacions del llit a causa de l'acció de l'aigua. Fins i tot hi ha mètodes que tenen en compte aspectes com les dades recollides sobre el terreny després d'un esdeveniment juntament amb les informacions de testimonis directes per aconseguir reconstruir la dinàmica de la inundació i que s'uneixen a l'aplicació de models hidrològics (Gaume, 2002).

1.3 OBJECTIUS I METODOLOGIA

L'objectiu principal de l'estudi que se presenta és assolir un major coneixement del desenvolupament i funcionament de les revingudes

llampec a conques de la serra de Tramuntana, així com saber els cabals punta associats a aquests esdeveniments.

Per arribar a l'objectiu principal s'han de desenvolupar tot un conjunt d'objectius secundaris com són:

- (1) La descripció i anàlisi de les inundacions a l'illa de Mallorca per a poder determinar quines conques poden ser representatives per a l'estudi de cabals que són conseqüència de *flash-floods*.
- (2) Analitzar les inundacions a les conques de Pollença i Sóller. Una vegada tríades dues vessants significatives cal esbrinar com són ambdues àrees d'estudi a nivell geogràfic i en relació amb episodis d'inundació històrics i contemporanis.
- (3) Estudiar els episodis de crescuda i inundacions succeïts en el segle XXI de forma que sigui possible fer el càlcul de les puntes de cabal associades a aquests episodis.

Per a desenvolupar cadascun d'aquests objectius s'ha treballat amb una línia metodològica estructurada de la següent manera (Figura 1.1):

Per a l'objectiu 1 cal fer un estat de la qüestió a nivell de Mallorca amb la consulta de precedents bibliogràfics i tècnics sobre inundacions. Una vegada s'han observat les diferents tipologies d'inundacions existents a l'illa i les seves localitzacions es poden determinar quines són les zones més adients per a realitzar l'estudi.

L'objectiu 2 es desenvolupa a partir de la recopilació i anàlisi de dades de les conques d'estudi a nivell tant geogràfic com de les xarxes superficials de correntia i inclou ademés una caracterització pluviomètrica de cada vessant. Tot això mitjançant les consultes bibliogràfiques, l'anàlisi cartogràfica i el treball de camp. Les dades de precipitació s'estudien a partir de les informacions de la xarxa d'estacions de l'AEMET.

El tercer objectiu es treballa una vegada identificats episodis de crescuda dintre del període de desenvolupament d'aquesta recerca. El càlcul dels cabals màxims s'assoleix una vegada realitzat un treball de camp després d'episodis de torrentades. Aquest treball va acompanyat de la recollida i tractament de les dades de precipitació a les conques afectades per aquests esdeveniments torrencials. Hi ha també un tractament i anàlisi de les dades post-esdeveniment i una aplicació d'altres mètodes de càlcul a cada conca.

Finalment, es desenvolupa una anàlisi comparativa dels resultats assolits mitjançant el treball de camp i l'ús de mètodes teòrics d'estimació de cabals. Aquests darrers s'obtenen a partir de la recopilació i anàlisi de referències de càlcul de cabals.

1.4 ESTRUCTURA DE LA TESI

Aquest treball que se presenta queda estructurat en tres blocs que a la vegada es subdivideixen en capítols.

El primer bloc es refereix a les inundacions llampec i el seu estudi així com l'anàlisi de les inundacions i el càlcul de cabals. Inclou un primer capítol (2) on se presenta l'estat de la qüestió sobre l'estudi dels *flash floods*, tant a nivell internacional com a l'estat espanyol. Els mètodes per a estudiar les inundacions i com fer càlculs de cabals assolits per la xarxa hídrica són l'objecte dels capítols 3 i 4. Se presentarà aquí el mètode de treball de camp emprat pel desenvolupament de la recerca realitzada.

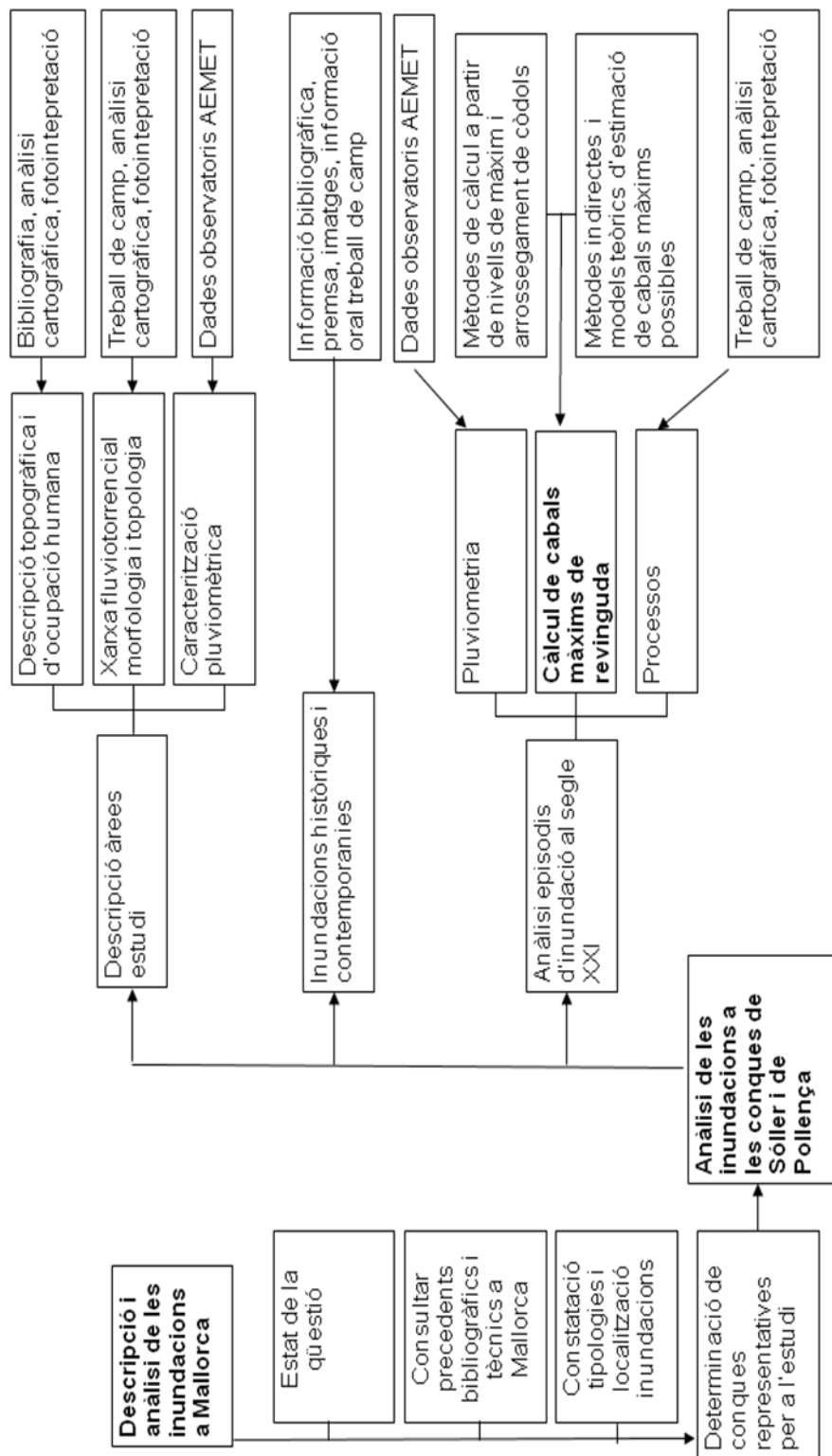


Figura 1.1. Esquema de l'estructuració d'objectius i mètodes emprats.

Un segon bloc està format pels capítols 5, 6 i 7. Tracta de les pluges i inundacions a l'illa de Mallorca així com dels trets principals de les àrees d'estudi que apareixen a aquesta tesi. En primer lloc (capítol 5), es descriuen les precipitacions i la xarxa superficial d'aigües de l'illa de Mallorca. També se fa una presentació dels diferents tipus d'inundacions que se troben a Mallorca i un estat de la qüestió sobre els estudis referits a aquest tema. El capítol 6 presenta la situació i les característiques geogràfiques més destacades de les dues zones d'estudi. A la vegada s'inclou la descripció i l'anàlisi morfològica de les conques estudiades i la recerca sobre inundacions històriques que han afectat ambdues vessants. En el capítol 7 es fa referència a les pluges torrencials que afecten Mallorca, fent especial esment a les dues àrees d'estudi, en relació al repartiment temporal i espacial d'aquests aiguats.

El tercer bloc presenta els estudis desenvolupats mitjançant el treball post-esdeveniment i els cabals assolits a partir de les mesures de camp així com els cabals esperables segons les diferents metodologies de càlcul. Els diferents resultats que s'han obtingut i el seu anàlisi són també part d'aquest bloc, subdividit en 3 capítols. El número 8 mostra el treball de camp realitzat per a cada episodi estudiat. De cadascun d'ells se fa una presentació on s'inclouen les dades atmosfèriques, les precipitacions recollides i els punts d'aforament de cabals amb els resultats assolits després de l'estudi post-esdeveniment.

El capítol 9 fa referència al càlcul de cabals per a cada conca mitjançant la utilització d'altres mètodes que no tenen en consideració les dades post-esdeveniment. Els resultats assolits mitjançant el treball de camp així com els cabals resultants de la feina desenvolupada al capítol anterior se presenten en el capítol 10.

Finalment, la tesi conclou amb el capítol 11, que correspon a les conclusions.

1.5 JUSTIFICACIÓ DE LES ZONES D'ESTUDI

La tasca inicial per a identificar espais de l'illa de Mallorca on les inundacions són un fet habitual va mostrar que les conques de Sóller i Pollença eren dos llocs on aquest tipus d'esdeveniment era quelcom important. La recerca bibliogràfica mostrà com la vall de Sóller era un territori on les revingudes tenien una presència des d'etapes llunyanes en la història mentre que la vessant de Pollença era un espai on aquests fenòmens eren més propers en el temps però no per això menys importants. Teniem aquí doncs la primera raó justificativa de la tria d'aquestes dues zones.

La segona raó rau en l'oportunisme. Per estudiar les inundacions llampec fa falta un factor d'oportunitat (Borga, 2008), una oportunitat que consisteix en que es produeixi un fet d'aquest tipus en el lloc i el moment adient per a poder desenvolupar el treball de camp.

Donada la singularitat d'aquests esdeveniments, els fets de 2004 i 2005 a Pollença foren un exemple d'aquest oportunisme que justifica així la tria d'aquest punt d'estudi.

La tercera raó, referida a l'altra conca estudiada, inclou també l'oportunisme però acompanyat d'un factor de caire sentimental. La vall de Sóller és casa meva, un espai que conec des de nin amb uns torrents que des de sempre he vist, primer com espai de joc i esbarjo i després com un element d'estudi. Que hi hagués dues revingudes en tan poc temps, desembre de 2006 i abril de 2007, i que aquesta darrera fos coetània amb una torrentada a Pollença, era una oportunitat massa gran per a deixar-la passar.

2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ: REVISIÓ BIBLIOGRÀFICA

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

2.1 GENERALITATS

Les revingudes llampec són fenòmens localitzats temporal i espacialment, causats per una excessiva precipitació en un curt lapse de temps (Doswell, 1994). Se caracteritzen per una ràpida crescuda habitualment sense avis o amb molt poc temps d'alerta. La inundació té lloc quan el sòl es satura tan ràpidament que no pot absorbir més aigua. La correntia corre ràpidament conca avall i el resultat és una sobtada arribada d'aigua a la xarxa de drenatge, que no pot ser assolida i provoca desbordaments, sobretot a la part inferior de la conca.

El poc temps entre la pluja i la crescuda sobtada és quelcom a destacar. Per a *flash floods* al Regne Unit, es considera que el temps de resposta a conques d'entre 5 i 10 km² és de tres hores mentre que, als Estats Units, el temps de crescuda a conques entorn dels 400 km² és de sis hores (Georgakakos i Hudlow, 1984).

Pel conjunt d'Europa, es diu que els *flash floods* són generats per una intensa precipitació que dispara la resposta de conques amb extensions que varien entre les decenes i els centenars de km², resposta que és sobtada i que assoleix el punt de màxima crescuda entre una i deu hores després de l'inici de la pluja, el que deixa molt poc marge per l'avis a la població afectada (Gaume, 2006).

Casos particulars de revingudes són aquells ocasionats per la ruptura d'estructures fetes per l'home com poden ser dics o preses o bé per la fusió de la neu, encara que aquest procés sol ser massa lent per a provocar ràpides respostes hidrològiques.

En general, els *flash floods* són considerats com un dels riscos naturals més perillosos que existeixen. Combinen el poder destructiu d'una inundació amb la velocitat i amb la seva naturalesa sobtada. La seva

predicció és molt complicada i molt sovint provoca incertesa (Lin, 1999). L'interval de temps entre el fenomen causant (la pluja) i la punta de crescuda és de poques hores i les mesures protectives i d'avís no solen estar preparades per a reaccionar tan ràpidament.

2.2 DINÀMIQUES DELS FLASH FLOODS

Un *flash flood* és el resultat de la unió d'unes condicions meteorològiques i hidrològiques molt concretes (Doswell, 1994). Per una banda ha d'haver-hi una precipitació intensa que sol ser de tipus convectiu (Sénési, 1996; Homar et al, 1999; Morin, 2012) però a la vegada el factor hidrològic té una gran importància en el procés de generació del *flash flood*, considerant factors com la precipitació anterior, la permeabilitat del sòl, el gradient de pendent, etc (Doswell, 1997).

L'aspecte meteorològic a destacar són les pluges intenses, unes precipitacions que només tempestes convectives poden produir amb les intensitats assolides. La formació d'aquests tipus de tempestes parteix d'un escalfament del terreny per l'acció del sol, escalfor que se comunica a l'aire situat per sobre. Les parcel·les d'aire calent són més lleugeres i inicien un ascens que se manté mentre que la seva temperatura sigui superior a la de l'aire que envolta aquesta massa d'aire. Si aquesta situació persisteix es parla de condicions inestables. Si succeeix el contrari, que la temperatura de la massa d'aire ascendent assoleix la mateixa de l'aire que l'envolta es parla de condicions estables.

Una atmosfera inestable sol estar formada per una capa d'aire en superfície humida i calenta amb aire fred i sec per sobre. Aquestes dues capes solen estar separades per una capa d'inversió de temperatura, una estreta capa d'aire on la temperatura augmenta

amb l'altitud, i que impedeix moviments d'aire ascendents el que manté un cert equilibri.

La formació d'un oratge convectiu necessita l'existència de fenòmens que permetin l'elevació de parcel·les d'aire per sobre de la capa d'inversió. Factors com els relleus, el xoc de masses calentes i fredes, etc, ajuden a la formació de tempestes convectives (Doswell, 1996; Buzzi et al, 1998). Quan se supera la capa d'inversió les condicions passen a ser inestables i les masses d'aire comencen el seu ascens. Quan més pugen menys denses es fan i més es refreden, arribant un moment en què assoleixen la seva temperatura de rosada i l'aigua, en forma de vapor, se condensa. Això allibera energia i calor que permet que l'aire continuï pujant fins arribar a una capa de bloqueig. La condensació representa doncs una de les fonts d'autoalimentació del núvol.

Quan més humit sigui l'aire més es desenvoluparà la tempesta. Una vegada les gotes formades per la condensació se tornen prou pesades cauen i constitueixen la precipitació. La corrent descendent freda té tendència a refredar les parcel·les inferiors, la qual cosa provoca més precipitacions. Així, una vegada comença a ploure, la corrent d'aire ascendent, que provoca el creixement del núvol, s'afableix per l'acció de la corrent descendent. Aquesta combinació és la que se coneix com a cel·lula. La majoria de tempestes estan compostes per moltes cel·lules que se formen, "viuen" uns 30 minuts i desapareixen. Noves cel·lules reemplacen les anteriors i aquest procés pot durar hores. Aquesta formació continua de cel·lules es coneix com a tormentes multicel·lulars.

Amb certes condicions meteorològiques aquestes tormentes multicel·lulars s'organitzen en sistemes més grans, anomenats sistemes convectius meso-escalars. Són aquests sistemes els que solen provocar la majoria de revingudes llampec (Chappell, 1986).

A part del procés generador de les fortes intensitats de precipitació cal parlar d'un altre aspecte, el temporal, que afavoreix les inundacions. La durada de les tempestes ve marcada per una característica que és que són quasi estacionàries, tenen un lent desplaçament (Doswell, 1996), de manera que la majoria de la pluja cau dins de la mateixa conca. Això suposa que les tempestes siguin espacialment molt localitzades.

L'aspecte hidrològic està marcat per les dificultats, especialment per la quantificació de les dades. La influència hidrològica en el desenvolupament dels *flash floods* està prou establerta, amb factors tan importants com la taxa d'humitat del sòl, la topologia de la conca, el grau d'urbanització del terreny, etc. Tot plegat influirà sobre la crescuda i els cabals resultants però no existeixen, ara mateix, dades quantitatives que permetin conèixer la influència de cada paràmetre.

La talla de la conca també és determinant. Una tempesta convectiva quasi estacionària produeix pluges localitzades de manera que la superfície afectada no és gaire gran. Si la quantitat de pluja produïda afecta una conca petita el risc serà major que si la mateixa quantitat cau sobre una conca major. Per això la majoria de revingudes llampec afecten conques petites.

Finalment, un altre factor a considerar és la urbanització. Té un efecte incrementador de les magnituds de la punta de crescuda i de la resposta de la conca a elevades ràtios de pluja caiguda en poc temps (Smith et al, 2005). Les conques urbanitzades, a causa de la nul·la capacitat d'infiltració per la impermeabilització de les superfícies, tenen elevats coeficients de correntia i les torrentades es propaguen més ràpidament. Tot plegat cal afegir-hi que la gran densitat de població a espais urbans suposa que s'incrementi el risc en termes de pèrdua de vides i danys materials tant si la torrentada s'origina dins l'espai urbanitzat o bé si l'àrea urbana es troba al llarg de la xarxa hídrica.

2.3 REvingudes LLAMPEC A L'ESTAT ESPANYOL

La vessant mediterrània de la Península Ibèrica no és aliena a aquest procés de revingudes llampec. És tracta d'inundacions tardorals fruit de precipitacions de gran intensitat horària, amb tanta quantitat d'aigua de sobte que el sòl no la pot absorbir malgrat que sigui ben ressec després de la secada estiuenca; de seguida s'inicia un escolament ràpid i incontrolat que curulla torrents, rieres i rius (Martín Vide, 1985).

Catalunya, València, Múrcia i el sud-est d'Andalusia s'han vist afectats per esdeveniments torrencials que també se fan presents a conques de muntanya dels Pirineus i, fins i tot, al País Basc.

Quasi la totalitat de les inundacions de tardor mediterrànies són desencadenades per fenòmens meteorològics ja que la reserva més propera és l'atmosfera. El potencial d'inundació depèn de l'aigua precipitable existent i de l'estructura espacial i temporal de la precipitació (Mateu Bellés, 1990).

Aquests fenòmens de precipitació destaquen per les quantitats assolides. En 24 hores arriben a precipitar 200, 300, 500, 700 mm i, fins i tot, més quantitats d'aigua. Es tracta d'episodis breus de pluja impulsiva i de gran intensitat instantània (Mateu Bellés, 1990).

Diferents autors fan paleses aquestes quantitats que se poden arreplegar a qualsevol zona de la vessant mediterrània. A tall d'exemple poden parlar de Camarasa (1991), Gázquez et al (2004), Llasat i Puigcerver (1989), Martín Vide i Llasat (2000), Romero i Ramis (2002) i Santos Deltell (1991).

Aquests episodis tenen com a conseqüència la posada en funcionament de la xarxa superficial d'aigües, formada per cursos efímers, característics d'ambients semiàrids (Camarasa, 1995).

Les conques de drenatge mediterrànies, amb les seves característiques, intensifiquen les puntes de cabal i les inundacions en són el resultat.

La costa, amb un paisatge de muntanyes properes que afavoreix unes elevades pendents, té unes conques que destaquen per la seva torrencialitat (Mateu Bellés, 2002).

Altres factors que influeixen en l'existència d'inundacions són la densitat de la cobertura vegetal, les característiques edàfiques del territori i, especialment, els usos del sòl. En aquest darrer cas, certs usos han incrementat la correntia directa, sobretot el desenvolupament de l'urbanització a zones costaneres, amb el consegüent augment de sòls impermeabilitzats. Exemples d'aquest fet s'han constatat a la Costa Brava (Lara et al, 2010), Catalunya (Llasat et al, 2010) i Alacant (Olcina et al, 2010) entre altres zones.

Tot plegat, unit a precipitacions convectives molt intenses, genera hidrogrames de tipus *flash-flood*, amb una curva de creixement explosiva, una punta de cabal fora mida i una ràpida corva d'esgotament.

La transformació de la pluja en cabal a les conques mediterrànies és un procés complex i poc conegut (Mateu Bellés, 2002). A la manca de dades de precipitació i de cabals s'hi afegeix un problema d'escala. Les conques afectades per les inundacions són de tamany petit i mitjà i l'estimació de cabals ha rebut poca atenció en comparació a la dedicada a conques de gran extensió (Camarasa, 1995).

Així i tot, l'interès que provoquen aquests casos es mostra amb l'extens cos de publicacions i estudis que analitzen esdeveniments d'inundacions a llarg de l'estat espanyol i, sobretot, la Mediterrània.

La majoria de treballs fan referència a casos concrets, analitzant fenòmens extraordinaris i els seus efectes sobre el territori i la població. Altres estudis estan centrats en la relació entre la precipitació i la correntia que es genera, ja sigui a nivell general (Bracken et al, 2008; Bull et al, 1999; Camarasa i Segura, 2001a i 2001b; Camarasa i Tilford, 2002; Díez i de Pedraza, 1997; Llasat et al, 1999; Rico i Benito, 2002; Triviño i Ortíz, 2004), bé emprant casos reals (Amengual et al, 2008; Camarasa, 1995; Cáncer, 1996; Carmona i Segura, 1989; García Ruíz et al, 2004; Gualda, 1989; Llasat et al, 2003; Serra-Llobet et al, 2013), i també apareixen referències al risc que suposen aquests esdeveniments per a la població (Olcina i Giménez, 2002).

Un recull de les publicacions referides a inundacions es pot trobar a Espejo i Calvo (2003).

Una de les raons de la importància que tenen els estudis referits a les inundacions està relacionada amb el seu impacte sobre la societat. Un impacte lligat al cost en vides humanes que han tengut i tenen aquests fenòmens i també al cost econòmic que han suposat i suposen actualment.

Pel que fa al cost en vides, les inundacions suposen a Espanya 23 morts de mitjana a l'any. Entre 1995 i 2004 les inundacions han costat la vida a 229 persones (MMA, 2005) i si tenim en compte fets del passat, malgrat sigui un passat proper, podem parlar de desastres com les inundacions de València l'octubre de l'any 1957 amb 86 morts o les del Vallès a Catalunya el setembre de l'any 1962 que provocaren més de 800 víctimes mortals.

Una torrentada que va tenir especial impacte fou la de Biescas el mes d'agost de l'any 1996. La inundació es va emportar un camping provocant la mort de 86 persones. L'impacte social fou molt gran i va originar la resposta dels poders públics en forma de mesures de protecció i mitigació dels efectes d'esdeveniments torrencials articulades mitjançant lleis nacionals i autonòmiques que no sempre s'han duit a terme.

Malgrat tot, des de l'any 2000 fins l'actualitat s'han seguit produint inundacions al llarg del litoral mediterrani, sovint amb víctimes mortals. Un exemple és mostra a la taula següent.

Lloc	Mes i any	Víctimes
Catalunya, Comunitat Valenciana i Múrcia	octubre 2000	9 morts
Comunitat Valenciana	abril-Maig 2002	
Catalunya	octubre 2005	4 morts
Andalusia i litoral mediterrani	octubre 2007	6 morts
Andalusia, Múrcia i Comunitat Valenciana	agost 2010	3 morts
Andalusia, Múrcia i Comunitat Valenciana	setembre 2012	11 morts

Taula 2.1. Inundacions al litoral mediterrani entre l'any 2000 i 2012. Font: elaboració pròpia a partir de dades d'Olcina (2009).

El cost econòmic és també força destacable. Entre l'any 1987 i el 2002, les inundacions han suposat unes pèrdues de 11921 milions d'euros. Les comunitats autònomes més afectades han estat: València, Andalusia i Catalunya (IGME, 2004). Aquest mateix estudi preveu que pel període 2004-2033 les pèrdues assoliran els 25722 milions d'euros.

Les principals causes d'aquests costos són, per una banda, que la majoria d'inundacions tenen lloc a conques de dimensions petites, llocs on es produeixen el 96,5% de les víctimes mortals (Ayala, 1999). Per l'altra banda, i malgrat les inundacions siguin una constant al territori espanyol, l'ocupació de zones de risc, la manca de mesures de prevenció i actuació i la manca d'una legislació concreta que eviti la construcció d'habitatges i l'ocupació de terrenys inundables afavoreix les pèrdues econòmiques i de persones.

3. L'ANÀLISI DE LES INUNDACIONS

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

3.1 GENERALITATS

L'estudi de les inundacions s'emmarca dins una llarga tradició científica que inclou àmbits de coneixement molt diferenciats, des de l'enginyeria fins la geomorfologia passant per la geografia o la hidrologia.

Hi han moltes eines i tècniques per a l'estudi de les inundacions, depenent del tipus de recerca a realitzar, que pot ser sobre els efectes que tenen sobre l'home i les seves activitats, es pot referir al planejament d'usos del territori o també, la més usual, relacionada amb obres d'enginyeria.

Estam doncs davant un tema d'estudi transversal, en el que conflueixen moltes disciplines (Baker et al, 1988; Ollero, 2014), cadascuna amb aportacions que suggereixen aspectes clau per a cercar.

Esquema de análisis de un evento extremo ya acontecido

Denominación y tipología (crecida, inundación...)
Localización (cartografía)
Génesis del proceso natural
Factores ambientales y humanos que han intervenido en el proceso (desencadenantes, intensificadores, atenuantes)
Análisis de sinergias con otros procesos paralelos
Descripción del desarrollo espacio-temporal del proceso: caudales, hidrogramas...
Diagnóstico de la intensidad y magnitud del proceso
Evaluación de su carácter extremo: frecuencia y periodo de retorno
Descripción, valoración y cartografía de las consecuencias del evento
Valoración final del evento en relación con el grado de riesgo y comparación con otros casos
Evaluación del funcionamiento de medidas de mitigación y de gestión

Taula 3.1. Informacions a cercar en esdeveniments extrems. Font: Ollero (2014).

Per a identificar crescudes i fer el seu anàlisi cal treballar amb dades d'aforaments diaris. Aquestes sèries de valors permeten identificar les inundacions seleccionant un llindar, que sol ser una xifra teòrica obtinguda a partir del cabal mitjà anual. Quan es supera aquest llindar. Si la sèrie de dades no és molt llarga cal recórrer a fonts històriques que permeten completar la identificació dels succeïts, malgrat no solen aportar dades quantitatives de cabal (Ollero, 2014).

El problema apareix quan a les conques estudiades no existeixen dades d'aforament, quelcom habitual a les xarxes efímeres de la costa mediterrànea espanyola (Camarasa i Segura, 2001a). En aquest cas cal emprar diferents eines per a poder caracteritzar els esdeveniments, eines entre les quals destaquen les observacions *in situ*, l'anomenat treball de camp, que té molt a veure amb les evidències que la inundació ha deixat sobre el terreny. És aquí on s'inclou el procés d'anàlisi post-esdeveniment que es presenta en aquesta tesi.

Altres mètodes que se poden emprar per estudiar crescudes i inundacions a conques no aforades són els següents:

- Mètode històric. Ja esmentat abans, té molta utilitat quan no es disposen de dades de descàrrega i manquen les informacions (Payraastre et al, 2011). Cal fer una recerca a nivell d'arxiu per a recopilar dades de precipitacions i inundacions que permetin fer un tractament de les dades per a classificar les avingudes en funció de la seva magnitud, estacionalitat, distribució espacial i els llindars assolits per l'aigua (Ibisate, 2008).
- Mètode geomorfològic. Mitjançant la medició de diferents índex morfomètrics, característics de les conques a estudiar, es pot analitzar la seva relació amb la generació de cabals d'inundació.

- Mètode estadístic. S'apliquen eines estadístiques tant per analitzar les informacions històriques de pluges i inundacions com per a estudiar les possibles relacions entre cabals aforats (si n'hi han) i els paràmetres geomorfològics i climàtics de la conca.

3.2 ANÀLISI POST-ESDEVENIMENT

Els *flash floods* estan considerats com el procés més destructiu dintre del conjunt de riscos naturals. El seu estudi se veu limitat per factors relacionats amb la manca de dades així com l'escala en la que tenen lloc aquest tipus d'esdeveniments. No estudiar aquests fenòmens per la manca de dades de mesura adients o per la necessitat d'emprar molt de temps en el camp o només estudiar els casos a conques aforades suposa perdre de vista el més important (Gaume, 2006).

La recerca post-esdeveniment és una manera de guanyar experiència en el coneixement d'aquests fenòmens. Aquest tipus d'investigació és necessari per incrementar la coneixença de cada cas concret però també permet desenvolupar l'anàlisi i trobar solucions per a la prevenció i el control dels danys associats a les revingudes (Gaume i Borga, 2008).

La investigació post-esdeveniment d'un *flash flood* ha de considerar tres grans tipus de dades:

- Indicadors de la punta de cabal assolida. Mitjançant seccions del curs d'aigua basades en les marques deixades es pot assolir el seu coneixement però dins aquests indicadors es poden incloure altres eines com els enregistraments en video, les observacions de testimonis, les elevacions de l'aigua davant obstacles, etc.
- Indicadors de la seqüència temporal de la inundació. Donada l'habitual manca de dades d'aforaments, l'eina més útil són els

testimonis directes, unes dades que cal recollir de manera sistemàtica per una correcta anàlisi.

- Processos de transferència de sediments. Els moviments de vessant, l'erosió i els depòsits de materials tant als laterals com al llit del curs fluvial i, fins i tot, els fluxes de materials arrossegats són indicadors de l'energia i velocitat de la corrent.

Altres aspectes a tenir en compte són les dades referides a aspectes socio-econòmics de l'impacte del fet, comportament tant de les forces de seguretat com de la població afectada, efectivitat de les alertes si han existit, etc.

Els procediments per a desenvolupar un treball de camp post-esdeveniment són explicats per Gaume i Borga (2008) a partir de dues parts, per una banda la recollida de dades de camp i, per l'altra, el procés d'anàlisi de les dades (Taula 3.2).

També és important considerar la correcta preparació del treball de camp, bé a nivell organitzatiu (dates, personal, material, etc), bé a nivell de recollida de dades prèvies referides a la zona a estudiar. En segon lloc cal desenvolupar un model estàndard de recollida de dades i una estructura del procés d'anàlisi de les dades arreplegades i del seu emmagatzematge, qüestió important per a futures comparacions (Gaume i Borga, 2008). En tercer lloc, cal tenir clar que els treballs d'estudi post-esdeveniment no poden ser aplicar un mateix sistema a cada cas a analitzar. Cada inundació té unes característiques pròpies que la fan única i per això el seu estudi vendrà marcat per les especificitats del fenomen, com seria el cas d'esdeveniments diferents a una mateixa conca.

Recollida de dades de camp	Proces d'anàlisi de les dades
Passa 1: just després de la inundació:	Passa 1: estimació de les puntes de cabal i mapificació de les dades:

<p>Recollir les dades de precipitació.</p> <p>Fer les primeres visites a les zones afectades fent fotos.</p> <p>Passa 2: unes setmanes després:</p> <p>Es pot iniciar el treball de camp fent seccions i les primeres entrevistes.</p> <p>Passa 3: uns mesos més tard:</p> <p>És el millor moment pel treball de camp, sobretot per les entrevistes. L'àrea és prou accessible i el nivell d'estrés ha minvat. Els llits poden estar nets i per això cal fer fotos a les passes 1 i 2.</p> <p>Cal recollir dades addicionals per preparar les simulacions informàtiques.</p> <p>Passa 4: un any després:</p> <p>Cal reconèixer de nou el territori, fent comprovacions i, fins i tot, tornar a la fase 3.</p>	<p>Basat en les seccions, se poden estimar les puntes d'avinguda a diferents llocs de la conca estudiada.</p> <p>Fer un test de consistència espacial de les estimacions i fer la comparació amb les dades de pluja per arribar a una primera idea de les ràtios de correntia.</p> <p>Una comparació amb les pluges, la geologia i els usos del sòl dóna una primera idea dels factors que afecten la magnitud de la inundació.</p> <p>Passa 2: la dinàmica pluja-correntia:</p> <p>Si se disposa de dades radar per estimar la pluja i d'hidrogrames complets o parcials obtinguts de dades mesurades o de les entrevistes, se poden emprar per comparar amb models simples de pluja-correntia per assolir un cert coneixement de les dinàmiques existents.</p> <p>Passa 3: comparació amb inundacions prèvies:</p> <p>Si se pot fer la passa 2 també es podrien fer simulacions de fets previs si existeixen dades suficients.</p> <p>Passa 4: Processos associats:</p> <p>Quan se descriu la correntia hi han uns processos associats com l'erosió o el transport de sediments que també se poden estudiar.</p>
---	--

Taula 3.2. Passes en el procés de recollida de dades i la seva anàlisi.
 Font: Gaume i Borga (2008).

Un element important en els treballs post-esdeveniment és l'estimació de la punta de cabal. La curta durada de les pluges que provoquen respostes intenses a conques de petites i mitjanes dimensions i els perills provocats per l'alta velocitat de l'aigua i els sediments i restes que arrossega dificulten l'obtenció de mesures directes. Fins i tot si existeixen dades d'aforaments no afectats per la torrentada, aquestes s'han de considerar de forma cautelosa.

Aquesta punta de cabal s'aconsegueix a partir de les marques que deixa l'aigua a les seccions del curs fluvial. Per la manca de mesures reals, les estimacions han de ser acurades. No sempre les marques representen l'altura assolida per la corrent i per això cal cercar llocs on les seccions no puguin ser afectades per elements aliens que donin lloc a errades. Cal doncs cercar fonts d'informació múltiples, emprant a cada branca de la conca més d'una secció que tinguin diferents formes i àrees (Gaume, 2006).

Les àrees humides de cada secció seran molt importants de cara a conèixer la velocitat de l'aigua. Una correcta velocitat permetrà una correcta estimació del cabal final mitjançant models unidimensionals encara que, de vegades, fan falta models més complexos tipus bidimensional a llocs propers a ponts o dins espais urbans (Gaume i Borga, 2008). A les capçaleres de les conques, a xarxes amb pendents pronunciades, es pot assumir la presència d'un fluxe d'aigua uniforme que pot proporcionar estimacions de velocitat correctes sempre i quan les seccions estiguin prou allunyades d'obstacles, com per exemple ponts, i de canvis de forma i pendent del llit. En aquests casos, el mètode més comú per avaluar les puntes de cabal d'avinguda és l'anomenat *slope area method* o mètode àrea-velocitat (Mascareñas, 2011), basat en l'aplicació de la fórmula de Manning-Strickler assumint un fluxe uniforme.

L'estimació de les descàrregues de la corrent estudiada és bàsica per a desenvolupar futurs estudis de la conca. Cal tenir molt en compte

diferents aspectes ja que valors equivocats indueixen a conclusions falses (Lumbroso i Gaume, 2012). Diferents mètodes d'estimació de cabals s'han desenvolupat al llarg del temps i, recentment, s'ha procurat assolir uns procediments homogenis per poder compartir i comparar esdeveniments (Gaume i Borga, 2008). Malgrat tot, no s'ha aconseguit un avanç tècnic destacat que permeti assegurar els treballs d'estudi després d'un esdeveniment destacat. L'ús d'un o l'altre mètode d'estimació pot provocar greus errades, sobretot quan s'apliquen coeficients com el de Manning-Strickler o es calcula la velocitat mitjana (Jarrett, 1987).

La conclusió més important és que l'estimació de cabals i de puntes de cabal de forma indirecta és, per damunt de tot, un exercici de bon judici i d'aplicació correcte de l'experiència de l'equip de treball (Gaume, 2006). Sempre caldrà treballar amb un mínim adequat de seccions del canal per a reduir les incerteses. L'àrea inundada pot variar de manera significant entre seccions i l'estimació feta a una secció pot semblar totalment irreal a una altra. Aquestes incerteses es poden reduir emprant les dades de precipitació, les declaracions de testimonis i, sempre que sigui possible, un coneixement exhaustiu del terreny on es troba la zona estudiada.

Un altre element a destacar és la utilització de testimonis directes. Bàsicament aquests testimonis s'empren per a conèixer la temporalització de la crescuda i inundació, així com el moviment de l'aigua desbordada sobre el terreny. Així mateix, els testimonis poden ajudar a conèixer els processos de pluja-correntia (camps de pluja, origen de la correntia, saturació dels sòls, etc) i les característiques de la corrent (sediments i/o materials arrossegats, velocitats aproximades, etc).

Les dades referides a la cronologia de la inundació són molt importants per analitzar les dinàmiques entre la pluja i la correntia. La durada de la punta de crescuda i de la corba d'esgotament poden

indicar la influència del fluxe directe així com de la capacitat d'infiltració i emmagatzament del sòl. Per tant, l'objectiu principal de les entrevistes ha de ser recollir dades de la seqüència temporal de la inundació, referides a nivells de l'aigua i quan es varen assolir.

El problema de les entrevistes rau, per una banda, en la manca d'un procediment sistemàtic per a desenvolupar-les. L'entrevista a un testimoni directe és més valuosa que aquelles informacions aconseguides de segona mà ja que el nivell d'incertesa en les segones és massa gran. Per l'altra banda, el segon problema és quan fer les entrevistes. De forma ideal, s'haurien de dur a terme tot just després del fet però, habitualment, això no és possible. La població es troba en ple procés de recuperació, fins i tot a nivell psicològic, de manera que les entrevistes poden ser contraproductives. Deixar passar massa temps tampoc és adient ja que la memòria es pot col·lectivitzar i la pèrdua d'informacions valuoses seria important. El millor és actuar de seguida que sigui possible després de l'esdeveniment, sobretot per fer les seccions i una primera presa de contacte amb els testimonis, i, posteriorment, tornar un parell de mesos després per a finalitzar el treball de camp i dur a terme les entrevistes previstes.

3.3 EL TREBALL DE CAMP APLICAT

Els aforaments dels cabals punta assolits durant les inundacions estudiades s'han duit a terme emprant mètodes geomorfològics.

El mètode emprat per a l'estudi d'aquests fenòmens és complex i necessàriament indirecte. La ràpida actuació de l'home una vegada superat l'impacte provocat per esdeveniments d'aquest tipus, actuació tendent al retorn a la situació "normal" anterior, provoca una distorsió dels efectes de les torrentades en un període de temps molt curt. Tot plegat suposa que no es puguin desenvolupar grans campanyes de recerca i estudi dels episodis torrencials i que la

rapidesa sigui una eina essencial en el treball de camp. És per això que no s'empren mètodes d'estudi d'un elevat grau de detall, que requereixen un temps de realització gran, si no que s'ha optat per desenvolupar una recerca amb les eines disponibles en aquell moment.

Val a dir que el treball de camp suposa un elevat cost en hores de dedicació i d'equip de feina ja que, al menys, tres persones han de treballar en conjunt durant la tasca de presa de mesures.

La metodologia seguida s'inicia amb la visita als espais anegats el mateix dia dels fets o bé en els dies següents per a comprobar "in situ" els efectes de les inundacions. En aquesta primera presa de contacte amb el territori afectat es comença a fer una selecció dels punts d'aforament que mostren millors condicions per a la feina a desenvolupar. Es cerquen llocs amb fites clares, seccions netes i prou allunyades d'obstacles que puguin suposar errades en les mesures a realitzar. De manera habitual, les mesures es prenen a una distància mínima de 100 metres, aigües amunt o avall, de possibles elements distorsionadors com ponts, botadors o meandres.

En els dies posteriors a l'esdeveniment, i una vegada el nivell de les aigües permet accedir de forma segura al llit del torrent, comença la recollida de dades. El dia del mostreig s'accedeix als punts triats i es duen a terme les mesures seguint un ordre d'actuació concret.

En primer lloc s'accedeix als punts que se consideren més representatius i que permetin un accés relativament fàcil, tenent en compte l'existència de molts espais que són propietat privada. Una vegada trobats aquests indrets es procura establir una distància adequada respecte a infraestructures que poguessin suposar interferències amb les aigües (ponts, guals, etc) així com elements com murs, marjades i construccions. S'aixeca una secció mitjançant

un aixecament cartogràfic de la zona i es fa una localització de la mateixa emprant un aparell GPS.

En segon lloc, a cada punt d'aforament s'ha mesurat l'amplada màxima ocupada per l'aigua a partir de les senyals que la torrentada ha deixat a parets, marges, vegetació i també al sòl (Figura 3.1). Aquesta secció es divideix en subseccions homogènies des d'un punt de vista hidràulic, mesurant la fondària de cada subsecció a punts significatius.



Figura 3.1. Fase inicial en el procés de mesura de l'alçada de l'aigua. Torrent de son Marc a Ca'n Guilló (2005). Font: M. Grimalt.

Aquests indicadors mostren l'alçada de l'aigua assolida durant la crescuda, les anomenades *high-water marks*, o bé l'alçada mínima de l'aigua durant el cabal punta associat a la revinguda (paleostage indicator). Ja que el treball de camp s'ha desenvolupat de manera

quasi immediata als fets s'ha pogut comptar amb indicis del primer tipus, caracteritzats per les acumulacions de restes vegetals, anomenats debris (Figura 3.2).



Figura 3.2. Senyes indicadores del nivell de l'aigua. Torrent de sa Figuera (1994). Font: J. Rosselló.

La gran quantitat de marques de nivell han permés reconstruir amb poc marge d'error l'alçada de l'aigua (Figura 3.3), mesurada segons l'amplada del llit a intervals d'un o de dos metres. S'empra un element vertical de mesura amb divisions decimètriques intercanviables, el que facilita la lectura de l'altura assolida per l'aigua.

El nivell que en resulta reflecteix la secció i les subseccions de comportament homogeni, ocupades per la punta de la revinguda (Figura 3.4). En tot cas s'ha de dir que el màxim cabal derivat de les senyes trobades pot ser inferior al màxim real, atès que l'aigua pot haver assolit major altura sense que en quedi cap testimoni.

En tercer lloc es du a terme un mostreig dels còdols susceptibles d'haver estat arrossegats per la torrentada. S'han mesurat els diàmetres dels més grossos trobats a l'entorn de la secció estudiada. Els cinc més voluminosos han estat triats per emprar el seu tamany mitjà, descartant la resta.



Figura 3.3 Element vertical de mesura. Torrent de la vall de'n Marc (2005). Font: J. Rosselló.

Finalment, per acabar amb les accions desenvolupades a un punt d'aforament, es procedeix a l'observació dels espais situats a les lleres dels llits per a comprovar possibles sortides de mare dels cabals i els efectes que hagin pogut provocar.

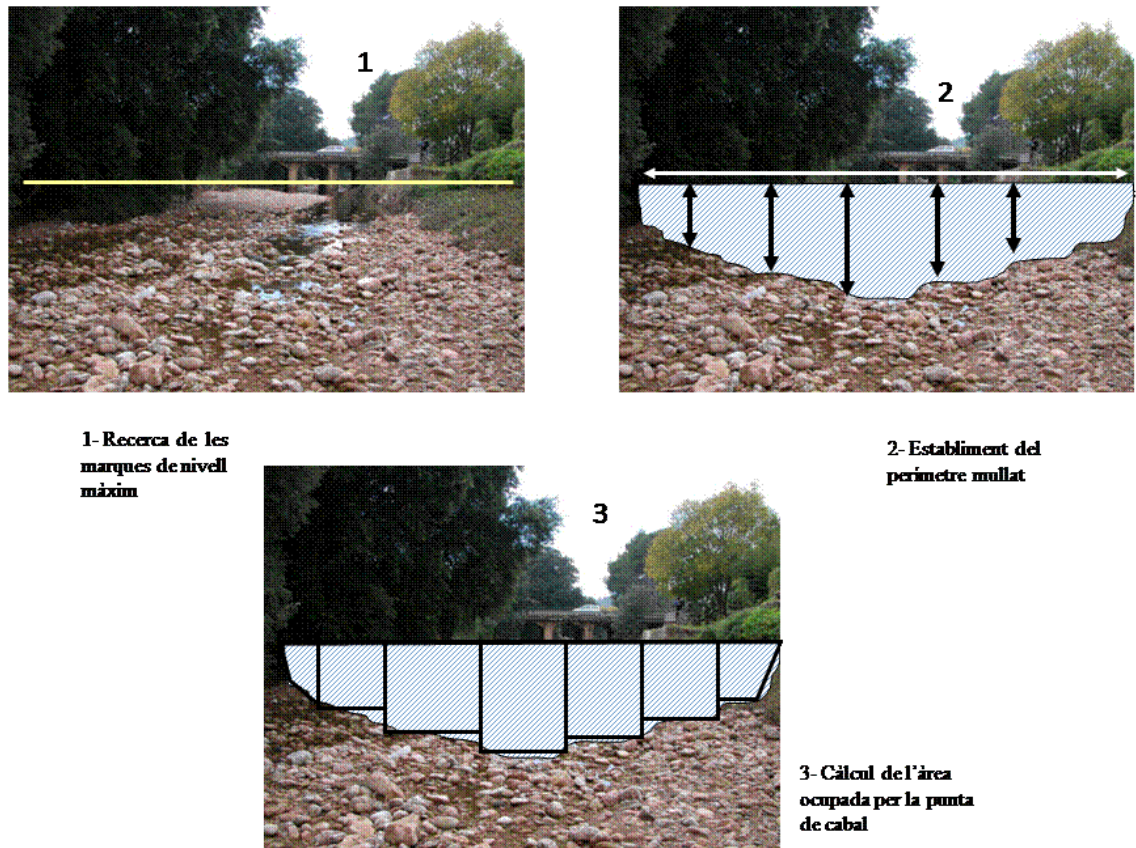


Figura 3.4. Estructura de la mesura dels cabals als punts aforats.
Font: Grimalt i Rosselló (2012).

Totes les actuacions que es desenvolupen al punt d'aforament són objecte d'un reportatge fotogràfic que permeti la correcta identificació del treball realitzat.

La segona etapa del treball és la de gabinet, l'anàlisi de les dades de camp. Amb el suport de sistemes informàtics s'han aplicat dos tipus de fórmules empíriques als valors obtinguts de les mesures:

- La fórmula de Riggs (1976), que determina el cabal punta a partir del pendent i de les seccions mesurades.
- La fórmula de Costa (1983), metodologia que mostra la velocitat crítica de l'aigua a partir de la dimensió dels còdols moguts per la força del corrent. El cabal s'aconsegueix multiplicant aquestes

velocitats per les àrees de les subseccions corresponents. A cada secció s'han mesurat els diàmetres d'aquells còdols més grossos que s'han considerat susceptibles d'haver ser transportats per la torrentada. S'han triat els cinc més voluminosos i s'ha emprat la seva dimensió mitjana.

La fórmula de Riggs s'empra en casos en què el cabal es produeix dins dels llindars del canal principal, quelcom que es majoritari en els aforaments duits a terme. El cabal es calcula segons:

$$Q_r = 3,39 \cdot A_t^{1,39} \cdot S^{0,32}$$

On:

Q_r = cabal màxim, mesurat en m^3/s .

A_t = secció total, expressada en m^2 .

S = pendent de la secció, en m/m .

Per a fer el càlcul de la pendent a cada secció s'ha emprat la cartografia de la zona d'estudi, utilitzant com a referència la situació de la secció mesurada i les corbes de nivell situades entre 0,5 i 2 km aigües amunt de la mateixa.

Pel que fa a la fórmula de Costa, la velocitat crítica s'obté de:

$$V_c = 0,18 \cdot D_m^{0,49}$$

On:

V_c = velocitat crítica, dada en m/s .

D_m = diàmetre mitjà dels còdols, mesurat en mm .

Per a establir el cabal final, s'utilitza el promig dels cabals corresponents a l'aplicació dels mètodes de Riggs i de Costa. A cada

cas s'ha tengut en consideració fer les estimacions en funció de les característiques del punt d'aforament (presència o no de còdols, existència de planes d'inundació, etc).

Aquests mètodes de mesura han estat sistemàticament aplicats a estudis precedents tant a nivell espanyol (Rico et al, 2001; Rico et al, 2002; Domenech et al, 2011) com a nivell balear, amb treballs a Mallorca (Grimalt i Rodríguez, 1990a; 1990b; 1990c) i també a Formentera (Grimalt i Prats, 2001).

El resultat en forma del cabal a cada secció mesurada als punts d'aforament queda reflexat a una fitxa tipus, que indica els valors assolits per les puntes màximes al llit (Figura 3.5).

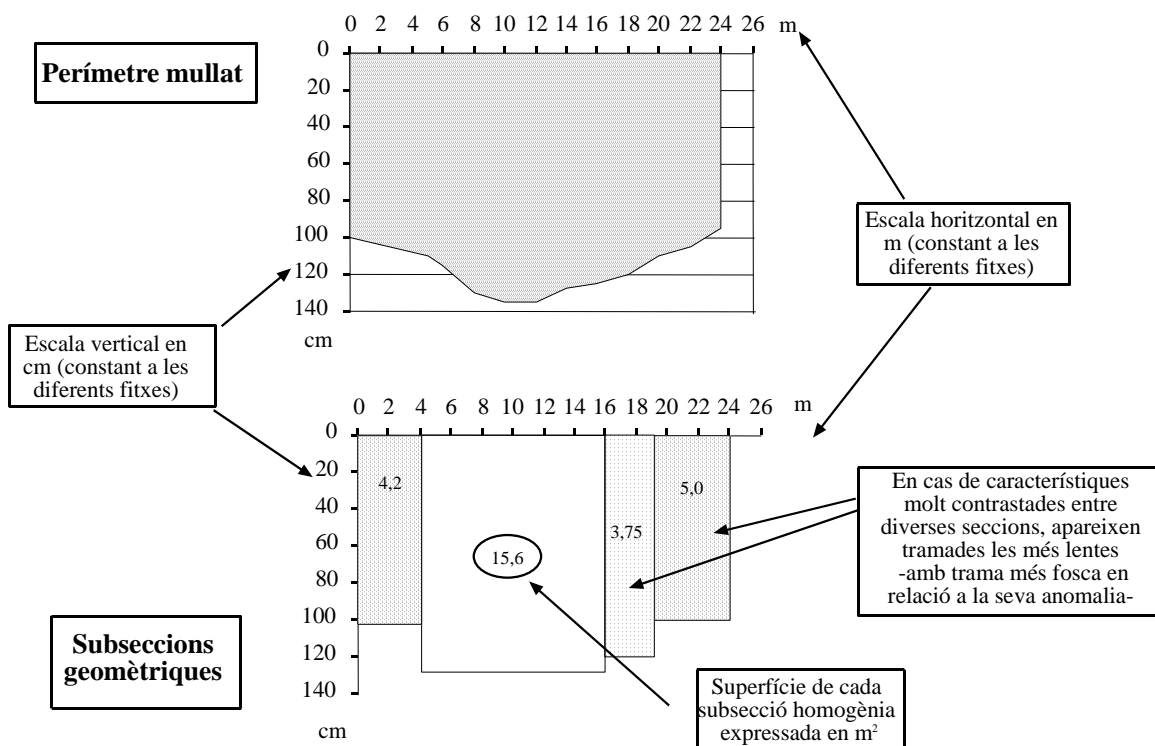


Figura 3.5 Exemple de perfils a una fitxa d'aforament. Font: Grimalt et al (1998).

4. MÈTODES DE CÀLCUL DE CABALS

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

4.1 MÈTODES D'ESTIMACIÓ

Per a poder estimar els cabals associats a les inundacions, existeixen diferents mètodes que se poden dividir en diferents categories, segons les dades que calen per poder fer el càlcul dels cabals.

Una de les divisions més emprades és aquella que fa referència a la manera de dur a terme l'estimació. És tracta dels mètodes directes i dels mètodes indirectes.

El mètode directe és aquell que es basa en sèries de cabals màxims. Cal tenir mesures de cabals a estacions d'aforament en una sèrie llarga en el temps. A partir d'aquestes dades es seleccionen els cabals màxims de cada any i després es fa una anàlisi probabilística per a determinar els cabals esperables per a cada període de retorn a estudiar.

Per mètode indirecte s'entenen aquells mètodes de càlcul que no empen dades de cabals anteriors a causa de la manca de dades. És tracta d'unes eines molt utilitzades a nivell mundial, a l'actualitat especialment aquells que parteixen de dades de precipitació, malgrat els seus resultats en moltes ocasions puguin ser molt poc ajustats.

Un altre tipus de classificació de les diferents metodologies existents és aquella que les separa en tres grans grups (IGME, 2008). Es tracta dels mètodes històrics i paleohidrològics, dels mètodes geològics i geomorfològics i, finalment, dels mètodes hidrològics i hidràulics.

- Mètodes històrics i paleohidrològics. Consisteix en identificar i caracteritzar les principals inundacions segons la seva freqüència, magnitud i conseqüències a partir de fonts històriques. Les fonts històriques poden ser bibliogràfiques (llibres, documents històrics,

fotografies, etc) o testimonials, bé personals bé físiques (marques a edificis i altres elements urbans).

L'aplicació del mètode històric parteix de suposar que, si l'aigua ha assolit uns nivells en algun moment de la història, aquests nivells es poden repetir en el futur, determinant així la crecuda històrica (IGME, 2008).

L'ús d'aquests mètodes presenta alguns problemes. Un és que les dades es solen referir a altures de l'aigua, els nivells assolits, i els llits poden haver sofert canvis amb els anys, sobretot a espais urbans. Un altre problema és que aquestes dades històriques han de menester una acurada interpretació, de manera que aquest mètode s'ha d'emprar juntament amb altres (Benito et al, 2004a).

Exemples de l'aplicació del mètode històric es poden trobar a Barriendos i Rodrigo (2006) o a Barnolas i Llasat (2007a).

El mètodes paleohidrològics són aquells que empren determinats tipus de depòsits o marques d'inundacions pretèrites (anteriors al període històric) en relació amb elements datables mitjançant tècniques paleontològiques, dendrocronològiques, radiomètriques o arqueològiques. Una informació més detallada d'aquesta metodologia se troba a Balasch et al (2011), Benito et al (2004b) o Rico et al (2001).

- Els mètodes geològics-geomorfològics empren la disposició i tipologia de les formes del terreny així com els depòsits generats durant o després de l'esdeveniment. Així es poden delimitar les àrees actives, geomorfològicament parlant, dins el llit i el marges del curs, àrees susceptibles de ser inundades. A partir d'aquestes dades es poden inferir factors com la fondària, la velocitat de l'aigua i la càrrega sòlida transportada. Aquest tipus de tècniques tenen cada vegada més ús ja que consideren fenòmens naturals

difícilment modelitzables amb altres tècniques. La configuració de les formes del relleu es vista com un condicionant de les inundacions, condicionant que pot ser de tres tipus, morfogràfic, morfodinàmic i morfoevolutiu. Sorgeixen així estudis de morfografia fluvial, dels quals es poden trobar exemples a Patton (1988) o Patton i Baker (1976).

- Els mètodes hidrològics i hidràulics són aquells que volen estimar els cabals generats per una conca, així com el càlcul de les velocitats i els calats de les aigües que circulen per un punt determinat de la xarxa fluvial. Els mètodes hidrològics poden partir de dades de cabals, aplicant una anàlisi estadística dels valors màxims, o bé de dades de precipitació, emprant models hidrometeorològics de transformació de la pluja en escorrentia, basats mètodes com el racional o l'hidrograma unitari.

Els mètodes hidràulics parteixen de la simplificació del fluxe de l'aigua a la natura, mitjançant equacions físiques que modelitzen aquest fluxe.

Dins dels mètodes hidrològics podem englobar els anomenats directes, que caracteritzaran un hidrograma de crescuda real a partir de mesures de cabals màxims històrics, i també indirectes com el racional o el mètode racional modificat, que s'emprarà en aquest treball.

El mètode racional és un dels més antics que existeixen per avaluar la conversió de la pluja en correntia. El seu origen varia entre els Estats Units, on es diu que fou aplicat des de l'any 1889 i es coneix com a mètode Kuichling, i Anglaterra, on es conegut com a mètode de Lloyd-Davies des de 1906. Una altra versió defensa que fou el 1850 quan Mulvaney va presentar aquesta metodologia (Dooge, 1959).

La hipòtesi de partida estableix que, si sobre l'àrea **S** de la conca se produeix una precipitació amb una intensitat **I**, pluja que és constant i uniforme durant un temps mínim igual al temps de concentració de la conca, que se defineix com el temps que tarda l'aigua en anar de la part més allunyada de la conca fins el punt de sortida. Aquesta precipitació es convertirà en escolament que assolirà el seu valor màxim quant tots els punts de la conca contribueixen al mateix temps.

Si la pluja neta fos igual a la precipitació, el cabal seria el resultat de **I.S** però les pèrdues per infiltració i evapotranspiració modifiquen aquest supòsit, de manera que cal emprar el coeficient de correntia **C**, que és la relació entre el cabal punta **Q** i el cabal **I.S**.

Així, la fórmula del mètode racional és la següent:

$$Q = C.I.A$$

On:

Q= Cabal punta (m³/seg)

C= Coeficient de correntia

I= Intensitat de la precipitació (m/s), corresponent a una pluja de durada D, igual al temps de concentració (Tc)

A= Superfície de la conca (m²)

Les unitats en què s'expressen les variables que componen aquesta fórmula fan convenient que es faci un canvi, canvi que consisteix en la introducció de l'anomenat coeficient **K**, de manera que la fórmula quedaria de la següent manera:

$$Q = C.I.A/K$$

On:

Q= Cabal punta (m³/seg)

C= Coeficient de correntia

I= Intensitat de la precipitació (mm/h), corresponent a una pluja de durada D, igual al temps de concentració (Tc)

A= Superfície de la conca (km²)

K= Coeficient d'uniformitat que depèn de les unitats en què s'expressen Q i A i que inclou un augment del 20% a Q per tenir en compte les puntes de precipitació. Aquest valor de K apareix a la taula següent:

Q en	A en		
	km ²	ha	m ²
m ³ /s	3	300	3.000.000
l/s	0,003	0,3	3.000

Figura 4.1 Valors del coeficient K. Font: MOPU (1990).

La fórmula queda així:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 3$$

Malgrat tot, a nivell nacional es substitueix aquest valor de K=3 pel de K=3,6 ja que es considera que s'adapta millor a les condicions de l'estat espanyol.

L'ús del mètode racional queda condicionat a conques de petites dimensions, entre 0,5 i 3 km² (Thompson, 2006) i amb un temps de concentració entorn d'1 hora, encara que fins a 6 hores se considera acceptable. També se critica que només prediu la punta de cabal que assoleix la conca i no l'hidrograma sencer però les dades que dóna són suficients per a càlculs d'enginyeria.

A nivell espanyol, diferents autors com Témez (1991) o López Alonso (2001) critiquen les mancances del mètode racional, sobretot pel que fa a la durada de la precipitació sobre la conca, que se presuposa igual a tota la superfície i uniforme també en el temps, i al coeficient de correntia, que també es considera uniforme a tot l'espai estudiat. Tot plegat fa que la seva aplicació sigui vàlida només a conques molt petites, amb un curt temps de concentració i on el terreny sigui homogeni, per afavorir que el coeficient de correntia no variï, conques que han de tenir una superfície inferior a 13 km² (López Alonso, 2001).

Ja que els supòsits anteriors són difícils de trobar, Témez va proposar unes modificacions que permeten corregir les errades observades quan s'aplica el càlcul a conques de tamany mitjà. En concret, proposa uns coeficients correctors relacionats amb la manca d'uniformitat espacial i temporal en la generació de correntia superficial ja que les pluges no són simultànies a tota la conca i el temps de concentració no és igual a la durada de la precipitació.

Sorgeix així l'anomenat Mètode racional modificat (MRM), formulat per Témez els anys 1987 i 1991. Aquest MRM permet estimar de manera senzilla els cabals punta a conques petites i mitjanes, amb una superfície no superior als 3000 km² i amb un temps de concentració que va entre les 0,25 i les 24 hores. Estudis posteriors defensen que l'aplicació d'aquest MRM només és vàlida per a conques amb una extensió entre 400 i 600 km² (ACA, 2003). Així mateix, les conques estudiades han de ser predominantment rurals.

El MRM inclou un coeficient d'uniformitat de manera que la fórmula definitiva és:

$$Q = K \cdot (C \cdot I \cdot A / 3,6)$$

On:

Q= Cabal punta (m^3/seg)

C= Coeficient de correntia

I= Intensitat de la precipitació (mm/h), corresponent a una pluja de durada D, igual al temps de concentració (T_c)

A= Superfície de la conca (km^2)

K= Coeficient d'uniformitat

El coeficient de correntia (C) es pot calcular de diferents maneres. De forma general, aquest coeficient s'entén com la fracció de la pluja que corre de forma directa. Pren valors entre 0 i 1, encara que varia de manera apreciable entre cada conca i també entre tempestes, donades les diferents condicions d'humitat inicials. Així i tot, és habitual prendre valors de C representatius, a partir de característiques com vegetació, pendent i usos del sòl (Monsalve, 1999). Per exemple, per terrenys coberts de formigó el coeficient C està entre 0,70 i 0,95. En canvi, a zones conrades varia entre 0,20 i 0,40 i a àrees boscoses entre 0,10 i 0,20.

Una forma més acurada de determinar aquest coeficient és en funció del volum de la precipitació diària i del llindar d'escolament, llindar que se pot determinar mitjançant paràmetres com els usos del sòl, el pendent, les característiques hidrològiques del terreny i el tipus de sòl.

El temps de concentració (T_c) es calcula a partir de les característiques físiques de la conca, el pendent del canal principal, la seva longitud, la superfície i les alçades. Es tracta d'una peça clau dins aquest mètode ja que permet determinar el coeficient d'uniformitat (K) i també intervé en el càlcul de la precipitació.

Per la seva recerca existeixen diferents fórmules el que suposa que els resultats puguin ser molt variats segons quina s'empri. Endemés,

cal tenir en consideració que aquests resultats no són més que una simplificació de la realitat natural, pel que poden ser poc reals.

A Espanya, la fórmula més emprada és la que va proposar Témez l'any 1990 per al MOPU.

$$T_c = 0,3 [L/J^{0,25}]^{0,76}$$

On:

T_c = Temps de concentració en hores

L = Longitud del curs principal en km

J = Pendent del curs principal (m/m)

Per a conques amb una superfície urbanitzada superior al 4% caldrà fer servir fórmules modificades. El mateix Témez (2003) recomana emprar per a conques urbanes fórmules com les de Kirpich, per ser més adients ja que el temps de concentració disminueix donades les característiques del terreny.

La fórmula de Kirpich es va establir l'any 1940 i és:

$$T_c = 0,006 [L/J^{0,5}]^{0,77}$$

On:

T_c = Temps de concentració en hores

L = Longitud del curs principal en km

J = Pendent del curs principal (m/m)

Una vegada s'ha trobat el temps de concentració es pot cercar el coeficient d'uniformitat K . Aquest coeficient es calcula de manera empírica emprant el T_c . La seva introducció dins la fórmula racional

respon a adaptar-la a les característiques de la precipitació dins la conca, en concret un inici instantani i una intensitat constant.

$$K = 1 + (Tc^{1,25} / Tc^{1,25} + 14)$$

On:

K= Coeficient d'uniformitat

Tc= Temps de concentració (hores)

La intensitat de precipitació (I) és el paràmetre més important del mètode i el més difícil d'aconseguir. Cal saber la intensitat de la pluja per una durada concreta o l'interval de temps igual que el temps de concentració de la conca estudiada.

Determinar el temps de concentració és el primer problema i el segon és disposar de dades d'intensitat de precipitació. A conques aforades i amb sistemes informatitzats de pluviòmetres, es pot disposar de dades que permeten conèixer les intensitats (Camarasa, 1991). Però a la majoria de conques petites, i no aforades, les dades de precipitació provenen de totals diaris, recollits en 24 hores. Finalment, un tercer problema és la manca de sèries llargues de precipitació que siguin representatives de la conca estudiada, ja que en moltes ocasions les sèries són incompletes o les estacions no es troben dins els límits territorials de la conca.

Donada la manca de dades reals d'intensitats de precipitació, aquestes es dedueixen a partir de les pluges diàries. Amb elles es calculen valors per diferents períodes de retorn mitjançant tractaments estadístics o emprant fórmules empíriques.

Així, per transformar la pluja d'un dia en la intensitat horaria necessària es pot dividir la conca en àrees delimitades per les

isolínies de la pluja diària i es fa una mitjana ponderada. El valor resultant correspon a la situació de l'estació pluviomètrica i es corregeix emprant un coeficient anomenat K_A , que depèn de l'àrea de la conca. Així:

Si la superfície de la conca és inferior a 1 km^2 $K_A = 1$.

Però si l'àrea és major que 1 km^2 K_A és calcula:

$$K_A = 1 - \log S / 15$$

On:

S= Superfície de la conca (Km^2)

Amb aquest coeficient trobam el valor $P'd$, que sorgeix de multiplicar el total diari per K_A :

$$P'd = Pd \cdot K_A$$

Quan es disposa de $P'd$ i del temps de concentració, es pot calcular I amb la fórmula següent:

$$I = [P'd / 24] \cdot [I_1 / I_d]^{(28^{0,1} - T_c^{0,1}) / (28^{0,1} - 1)}$$

On:

I= Intensitat de la precipitació (mm)

I1= Intensitat de la precipitació efectiva en una hora (mm/hora)

I_d= Intensitat mitjana de la precipitació efectiva diària (mm/hora)

La relació I_1/I_d es considera que és característica de cada zona i existeix un valor que proposa el MOPU (Figura 4.2).



Figura 4.2. Relació entre la intensitat horaria i la intensitat diària mitjana. Font: MOPU (1990).

Una vegada assolits tots els paràmetres que són necessaris es pot calcular el cabal esperable segons el mètode racional.

S'ha de tenir en consideració que tots els càlculs realitzats a partir de les fórmules que integren el Mètode Racional no són més que simplificacions de la realitat, que cal fer donada la manca de dades a l'espai d'estudi.

Malgrat aquest fet, aquest MRM ha estat emprat de manera habitual tant pel desenvolupament d'estudis científics (Díaz i de Pedraza, 1997; Horcajada et al, 2000; Rico i Benito, 2002) com per a feines d'enginyeria relacionades amb les inundacions i la planificació de

mesures de prevenció i mitigació així com a projectes d'obres públiques.

A més a més dels tres grans grups abans esmentats, cal parlar dels mètodes empírics i dels de correlació. Ambdós són mètodes indirectes.

Els primers són aquells que empren fórmules empíriques. Actualment s'utilitzen poc ja que n'existeixen de més actuals que empren un major nombre de dades.

Ara bé, en el cas de conques petites i sense dades directes, l'aplicació de les fórmules empíriques permet conèixer de manera ràpida la magnitud d'una crescuda esperable a partir d'informacions com l'àrea de la conca estudiada. El seu gran avantatge és doncs la rapidesa i facilitat de la seva aplicació per a fer el càlcul de cabals d'una inundació. Com a factors negatius s'esmenten aspectes com que parteixen de la consideració que l'avinguda és resultat d'una precipitació aïllada i que és difícil contrastar les dades aconseguïdes amb dades reals de la conca estudiada.

Existeixen diferents formules empíriques, desenvolupades a regions geogràficament diferenciades com Anglaterra (Williams), Escòcia (Morgan), Estats Units (Fuller o Creager), Itàlia (Baratta, Scimeni o Giandotti) i, evidentment, Espanya.

Els mètodes espanyols més destacats són els següents:

González Quijano, aplicable a conques inferiors a 2000 km²:

$$Q = 17 S^{2/3}$$

On:

Q= Cabal d'avinguda (m³/segon)

S= Superfície de la conca (km²)

Zapata, aplicable a conques amb elevats coeficients de correntia, capçaleres per sobre del 1500 metres i rius amb règim torrencial (Zapata, 1949):

$$Q = 21 S^{0,6}$$

On:

Q= Cabal d'avinguda (m³/segon)

S= Superfície de la conca (km²)

Heras, metodologia desenvolupada per a facilitar el càlcul de cabals de crescuda dins projectes d'enginyeria amb l'objectiu de dimensionar correctament tant sistemes de correcció de llits o de defensa de lleres com elements de drenatge d'obres públiques (Heras, 1982):

$$Q = pieS$$

On:

p= Coeficient característic de la conca

i= Intensitat horaria de la precipitació (mm)

e= Coeficient de correntia

S= Àrea de la conca (km²)

El mateix Heras proposa valors aproximats per als paràmetres p i e segons la superfície de la conca i les intensitats de la precipitació (Taula 4.1). Així, per a conques entre 25 i 100 km² d'àrea i per una

intensitat horària entre 10 i 50 mm de pluja, els valors d'e estarien entre 0,40 i 0,90 mentre que els valors de p oscil.larien entre 0,20 i 0,40.

Superfície (S)	p	i	e
$S \leq 25$	0,25-0,45	10-55	0,40-0,90
$25 \leq S \leq 100$	0,20-0,40	10-50	0,40-0,90
$100 \leq S \leq 500$	0,15-0,35	10-40	0,40-0,90
$500 \leq S \leq 1000$	0,10-0,30	10-40	0,40-0,90
$1000 \leq S \leq 10000$	0,10-0,25	10-30	0,40-0,80
$S \geq 10000$	0,10-0,20	10-20	0,40-0,80

Taula 4.1. Paràmetres de la fórmula de Heras. Font: Heras (1982).

Per altra banda, els mètodes de correlació parteixen del fet que, quan la conca estudiada no disposa de cap dada hidrològica i pluviomètrica, es pot fer l'estimació del cabal de crescuda mitjançant la correlació amb les dades existents d'una conca propera, donat que els trets climàtics, topogràfics, geològics, edafològics i d'usos del sòl, siguin el més igual possible a la conca estudiada i que les dades disponibles siguin prou llargues temporalment parlant.

L'avantatge d'aquest mètode és que permet fer una aproximació dels cabals esperables per una conca sense cap tipus de dades. Pel cantó contrari, el major desavantatge és la dificultat per trobar una conca de característiques tan semblants a l'estudiada.

Els mètodes d'estimació tenen un elevat grau d'incertesa. Per això, sovint es recomana emprar-ne de diferents de manera conjunta a l'hora d'estudiar una conca i poder validar els resultats que s'obtenen (Témez, 2003).

Generalment, a l'hora de dur a terme estudis oficials, les diferents administracions implicades prioritzen aquells mètodes que consideren més adients, aquells de tipus matemàtic, ja siguin resultat de disposar de prou dades de cabals (directes) ja siguin aquells que transformen les dades de pluja en cabals (indirectes).

Ara bé, a les conques mediterrànies, de petites dimensions i sense cap tipus de mesures donat el seu règim efímer, no se poden fer mesures directes i caldrà emprar els mètodes indirectes (Mascareñas, 2011).

4.2 ELS MODELS INFORMÀTICS

Els models de simulació hidrològica usen equacions matemàtiques per a calcular resultats com el volum de correntia o la punta de cabal. La modelització és un tema de discussió recurrent dins la comunitat científica. Els models numèrics parteixen de l'observació de com té lloc un procés en condicions naturals i el converteixen, mitjançant fórmules, en el model. De tota manera, fins i tot els models més complexos no poden simular la realitat de manera perfecta ja que, la majoria de vegades, els paràmetres de les equacions volen quantificar unes propietats reals que no són ben conegudes. Per això, en moltes ocasions, els models es consideren només una eina addicional per a validar les dades de camps aconseguides.

Malgrat els problemes citats abans, l'ús de models s'ha fet comú en el camp de la hidrologia. L'objectiu final de l'ús de models hidrològics ha de ser la millora a la presa de decisions referides a problemes com el planejament de recursos hídrics, la mitigació de la contaminació i, especialment, la protecció contra les inundacions (Beven, 2002).

Hi ha moltes maneres de classificar els models existents. El més important és decidir quin tipus de model és el que serà útil per la

recerca a desenvolupar (Beven, 2002). A nivell general, els models es poden dividir en dos grans grups: els models teòrics i els models empírics. Un model teòric és aquell que inclou un conjunt de lleis generals o principis teòrics. Si totes les lleis físiques fossin ben conegudes i es poguessin descriure mitjançant equacions de física matemàtica, llavors el model seria físicament basat. En canvi, els models teòrics existents simplifiquen el sistema físic i inclouen sovint components empírics, de manera que són considerats com a models conceptuals. Els models empírics són, en realitat, una representació de dades.

Segons els resultats que s'obtenen, els models poden ser classificats com estocàstics o com deterministes. Si una o més de les variables en el model matemàtic són considerades variables insegures (atzar) i inclouen la probabilitat el model és estocàstic. En canvi, si totes les variables es consideren lliure de qualsevol atzar llavors el model és determinista. Malgrat tot, aquests darrers poden incloure algun procés estocàstic i per tant hi ha certa confusió en segons quins casos.

La majoria de models emprats per generar la relació pluja-correntia són del tipus determinista, donen un sol resultat a partir d'un conjunt d'entrades de dades i uns paràmetres concrets (Beven, 2002).

Una altra selecció que ha de considerar la persona que empri un model és si ha de ser distribuït o agrupat. Els primers fan prediccions distribuïdes espacialment, dividint la conca estudiada en un gran nombre d'elements o "caselles" i resolent les equacions per a cada variable estudiada dins cada "casella" (Figura 4.3). En canvi, els models agrupats consideren la conca com un tot, una única unitat (Beven, 2002). Cada variable considerada és el valor mitjà del conjunt de la conca. En aquest darrer cas, la quantitat de valors a conèixer és sensiblement inferior que en el cas dels models distribuïts.

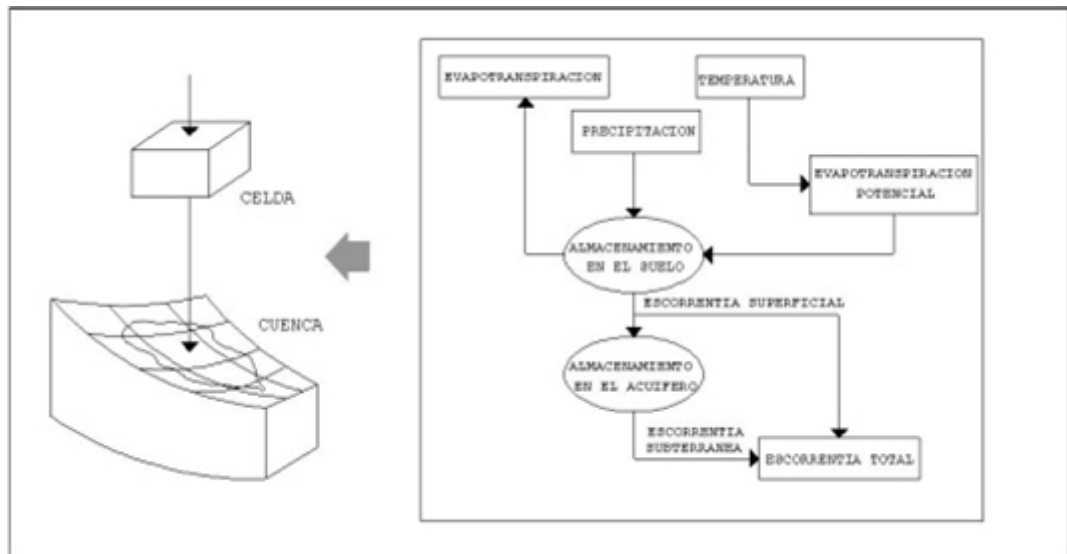


Figura 4.3 Esquema d'un model distribuït. Font: www.drihm.eu

Finalment, els models es poden dividir segons si són continus o bé d'esdeveniment. Un model d'esdeveniment és aquell que representa un sol cas de correntia que succeeix en un espai de temps que va des d'una hora fins a uns pocs dies. Les condicions inicials de la conca per aquest esdeveniment han de ser determinades prèviament i incloses com a dades d'entrada del model. El grau de correcció d'aquestes condicions inicials determinarà el resultat final, la resposta del model.

Un model continu és el que opera per un període de temps extens, determinant les condicions de la conca en moments en què hi ha correntia i moments en què no. El model ha de menester unes condicions inicials que inclouen aspectes com la humitat de la conca, fluxes d'aigua subterrània que aniran variant a mesura que se produeix la simulació, etc.

**5. PRECIPITACIONS I
CORRENTIA
SUPERFICIAL A
MALLORCA**

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

5.1 LES PRECIPITACIONS.

La pluja que cau sobre l'illa de Mallorca s'ha d'interpretar d'acord amb els trets principals del clima que s'hi dona. Aquest és el clima mediterrani, que és el propi de les àrees situades a la conca d'aquest mar encara que també és present a altres llocs del món com Califòrnia, Xile, Sud-Àfrica o, fins i tot, Austràlia (Figura 5.1).

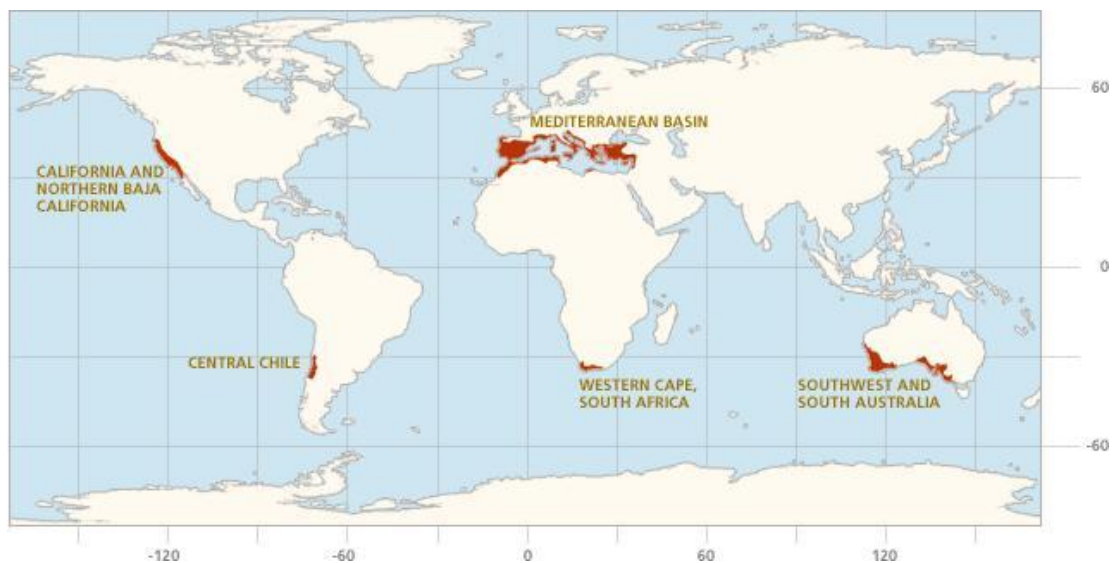


Figura 5.1. Localització geogràfica del clima mediterrani. Font: madrimasd.org

Els trets més destacats que presenta són:

- Un estiu sec, amb els registres pluviomètrics més baixos de l'any.
- Precipitacions a la tardor, intenses o molt intenses que solen ocasionar inundacions. Solen ser de curta durada i també apareixen a la primavera.
- Temperatures temperades, en poques ocasions per davall de 0 graus malgrat els estius siguin calorosos, superant de vegades els 35 graus. Poden presentar-se casos d'episodis de fred intens i també el contrari, invasions d'aire africà que originen onades de calor.

- Irregularitat pluviomètrica. Les variacions interanuals són prou destacades i habituals. A un any amb registres elevats en poden seguir varis de sequera. Aquesta irregularitat també es pot produir amb les temperatures.

Aquestes característiques s'originen a partir d'uns factors, que bàsicament són de dos tipus:

- Factors geogràfics. Dins aquest conjunt trobam els següents:
 - a) La localització de Mallorca a l'occident de la massa continental europea fa que el clima sigui més suau per la influència de les corrents marines calentes. Al mateix temps, provoca més precipitacions a causa de la circulació general de l'Oest. Aquesta situació geogràfica ajudà a l'aparició del concepte de peculiaritat mediterrània defensat per Jansà l'any 1961 (Jansà, 1997). Aquest concepte es basa en l'aïllament de la regió mediterrània occidental dins una mar tancada i envoltada de muntanyes amb l'illa de Mallorca situada al bell mig d'aquest espai (Figura 5.2 i Figura 5.3)
 - b) La influència marítima. La mar suposa un efecte temperador que suavitza les temperatures. A l'hivern caldeja l'ambient ja que cedeix part de la calor acumulada mentre que a l'estiu, per mor que s'encalenteix més lentament, absorbeix part de la calor terrestre i atempera la temperatura. Aquesta influència marina suposa també una major humitat a l'illa.
 - c) La importància del relleu. El relleu pot servir com a barrera produint pluges orogràfiques. La serra de Tramuntana i les serres de Llevant són factors influents en la precipitació de forma destacada (Sumner et al, 1995).

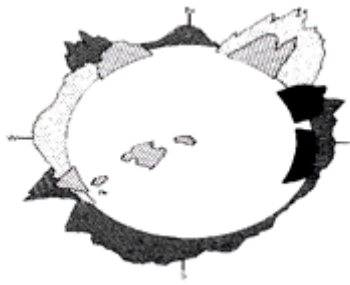


Figura 5.2 Situació de Balears dins el cosmos mediterràni. Font: Jansà (1997).

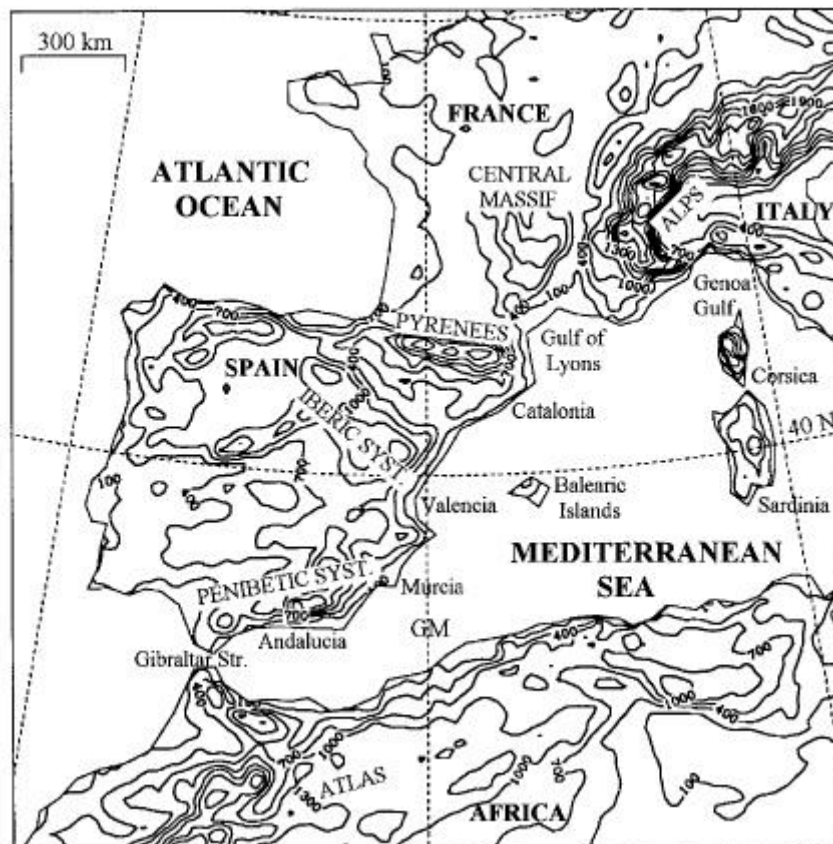


Figura 5.3 La Mediterrània Occidental i la seva orografia. Font: Romero et al (1999).

- Factors atmosfèrics. Les variacions estacionals en la circulació Oest-Est donen lloc a gran part de les diferències de temperatura o de precipitacions. Les pertorbacions polars durant l'estiu es situen a latituds altes de forma que Mallorca queda sotmesa a la influència d' anticiclons subtropicals oceànics, que determinen un

absència gairebé total de pluges. A la tardor succeeix a la inversa, es retiren els anticiclons i domina la circulació de l'Oest amb el front polar, el que suposa la presència d'un temps inestable i plujós. De fet, a la tardor és quan més pluges es registren mentre que a l'hivern apareixen anticiclons continentals que provoquen un temps fred però sec.

Les precipitacions mitjanes anuals totals són, en general, escasses i la mitjana anual de l'illa és de 630 mm (Laita, 1995), tot i que als indrets més humits es registren fins a 1400 mm a l'any. Si es tenen en compte les temperatures, el balanç hídric anual és deficitari a la major part del territori per les temperatures relativament elevades a les estacions de transició i molt elevades a l'estiu.

Es remarca una gradació Nord-Sud pel que fa a les quantitats mitjanes de precipitació anuals i en menor sentit Est-Oest. Aquesta gradació va de més a menys des del sector nordoccidental, on es troba la serra de Tramuntana, amb els relleus més importants de l'illa i que arreplega fins a 1400 mm/any a la seva part central, fins el litoral meridional, Cala Figuera, Cap de ses Salines, Cap Enderrocat, on plou de l'ordre de 300 mm/any de mitjana.

La variabilitat pluviomètrica és prou destacada. Es troben variacions dins un mateix any, amb dies de pluja que poden suposar un gran percentatge del total mensual i, fins i tot, anual. També és important la variabilitat interanual, amb anys de grans quantitats seguits per importants períodes de sequera.

Un factor a destacar és la torrencialitat de les precipitacions. Les precipitacions màximes en 24 hores assolides a les Illes Balears i més concretament a Mallorca poden arribar a totals de magnitud inusitada. A tall d'exemple podem parlar dels 400 mm que caigueren a Santanyi dia 4 d'octubre de 1957 (Rosselló Verger, 1964) o els 363

mm en només 16 hores que precipitaren sobre Estellencs el 25 de setembre de 1971 (Jansà, 1972).

Aquestes quantitats de pluja no són un fet aïllat del territori illenc ja que és un fet habitual del litoral mediterrani espanyol (Martin Vide, 1987, Martin Vide i Llasat, 2000).

Diferents treballs dins els estudis geogràfics de Mallorca han analitzat aquest tipus de precipitacions i destaquen la importància del relleu, la convergència de l'embat al centre de l'illa i la latitud com a factors de distribució dels probables aiguats superiors als 100 mm en 24 hores (Grimalt, 1989c; Sumner et al, 1993; Grimalt et al, 2001).

La tardor és l'estació que concentra la majoria de jornades amb precipitacions torrencials, amb un màxim l'octubre seguit pel novembre. Els mesos de setembre i desembre també presenten alts valors de dies plujosos mentre que els mínims apareixen als mesos de l'estiu (Grimalt et al, 2006).

5.2 LA CORRENTIA SUPERFICIAL

Qualsevol anàlisi de la circulació hídrica a Mallorca ha de tenir present les particularitats del drenatge superficial en aquest territori, derivades de la limitació territorial, de les característiques físiques del medi i de la intensa modificació antròpica de l'espai.

L'illa de Mallorca té una extensió de 3626 km² i, així com la resta de les altres illes de l'arxipèlag balear, està mancada d'una xarxa de circulació superficial permanent d'aigua. Aquesta manca de rius s'explica principalment per la la magra extensió de les conques hidrogràfiques, tot i que altres factors climàtics, hidrològics i antròpics també influeixen en aquesta absència de correntia.

En general, els sòls illencs presenten gran capacitat d'infiltració, derivada de la naturalesa predominantment calcària del substrat, així com de la intensa carstificació que afecta àmplies àrees. Una part considerable de la precipitació acaba circulant pel subsòl i descarrega subterràniament cap a la mar, sense que hi hagi una sortida de nou cap a corrents superficials.

Les causes climàtiques també influeixen, bàsicament per l'absència de precipitacions a l'estiu (quasi total del juny a l'agost), típica del clima mediterrani coincidint amb les temperatures més elevades. Aquest període àrid estival contribueix poderosament a secar els potencials cursos perpetus.

A més, s'hi manifesta una irregularitat en les pluges interanualment, i així les diferències entre anys secs i anys humits pot avaluar-se entorn dels 300 mm, amb variabilitats d'una magnitud superior a la meitat del valor de la mitjana, és a dir, superior al 50%.

Durant determinats períodes de l'any, i més concretament al llarg d'episodis de pocs dies repartits principalment a la tardor i en menor mesura a l'hivern, hi pot haver precipitacions quantitativament molt importants i en determinades ocasions caigudes de manera intensa i que porten com a conseqüència una correntia esporàdica igualment molt forta (Grimalt, 1998).

La destacada dissimetria territorial en el repartiment de les pluges permet apreciar una evident gradació en la funcionalitat dels cursos torrencials, que és màxima a la zona septentrional i absolutament esporàdica a les terres del Migjorn.

Únicament alguns cursos alimentats per sorgències, o per sistemes artificials de drenatges de terres, mantenen any rera any una circulació estacional quasi-permanent, sovint restringida a trams que recorren terrenys litològicament favorables.

L'home ha modificat intensament el funcionament de les aigües superficials. Els factors antròpics de distorsió a considerar són la sobreexplotació de les aigües del subsòl per al consum humà -que provoquen la disminució de les aportacions de manantials-, les intervencions encaminades a regular el funcionament hídric de les vessants, molt nombroses (Grimalt et al, 1998) i, fins i tot, determinades estructures constructives amb finalitats no hidrològiques (Rosselló Verger, 1985).

La manca habitual de correntia provoca un intens aprofitament humà de les planes d'inundació, les terrasses, els llits i les voreres dels torrents, que es converteixen en llocs per a conrear i, fins i tot, en espais d'ús residencial. Aquest fet té com a resultat que, en casos de formació de revingudes, existeixi un risc de destruccions sobre béns i vides.

Així doncs, el drenatge superficial de Mallorca queda configurat per una xarxa de rius mediterranis, anomenats a les Illes torrents, de funcionament majoritàriament esporàdic, amb una correntia relacionada amb fenòmens de precipitacions de gran intensitat o, si de cas, amb cabals restringits a l'època freda de l'any i sempre eixuts a l'estiu.

Aquests torrents es distribueixen en vessants, relacionats amb la forma de l'illa i la distribució dels relleus. En concret, la superfície de Mallorca es divideix en cinc vessants principals i dos secundaris (Figura 5.4). Els dos sistemes muntanyosos de l'illa, la serra de Tramuntana i la de Llevant, actuen com a dues divisories d'aigües, i existeix una altra divisoria transversal centrada en el massís de Randa.

Aquestes divisories estan situades seguint una forma d'H (Grimalt, 1992) que divideix l'illa en dues grans parts, una que drena cap el

Nord-Est (vessant d'Alcúdia) i l'altra cap el Sud-Oest (vessants de Palma i de Campos). Ademés trobam dues parts litorals, una cap el Nord-Oest (Tramuntana) i l'altra cap el Sud-Est (Llevant). Finalment, apareixen dos vessants independents a cada extrem de la serra de Tramuntana, Pollença i Andratx.

El vessant més extens és el d'Alcúdia amb una superfície de 1280 km². Arreplega les aigües del vessant meridional de la serra de Tramuntana i del vessant nordoccidental de les serres de Llevant. El torrent més llarg i de major conca és el torrent de Muro (456 km²), seguit pel torrent de na Borges, amb una conca de 327,4 km², situat a l'extrem oriental del vessant. Trobam després els torrents de Sant Miquel (superfície de conca 153,8 km²) i el de son Real (superfície de conca 153,9 km²).

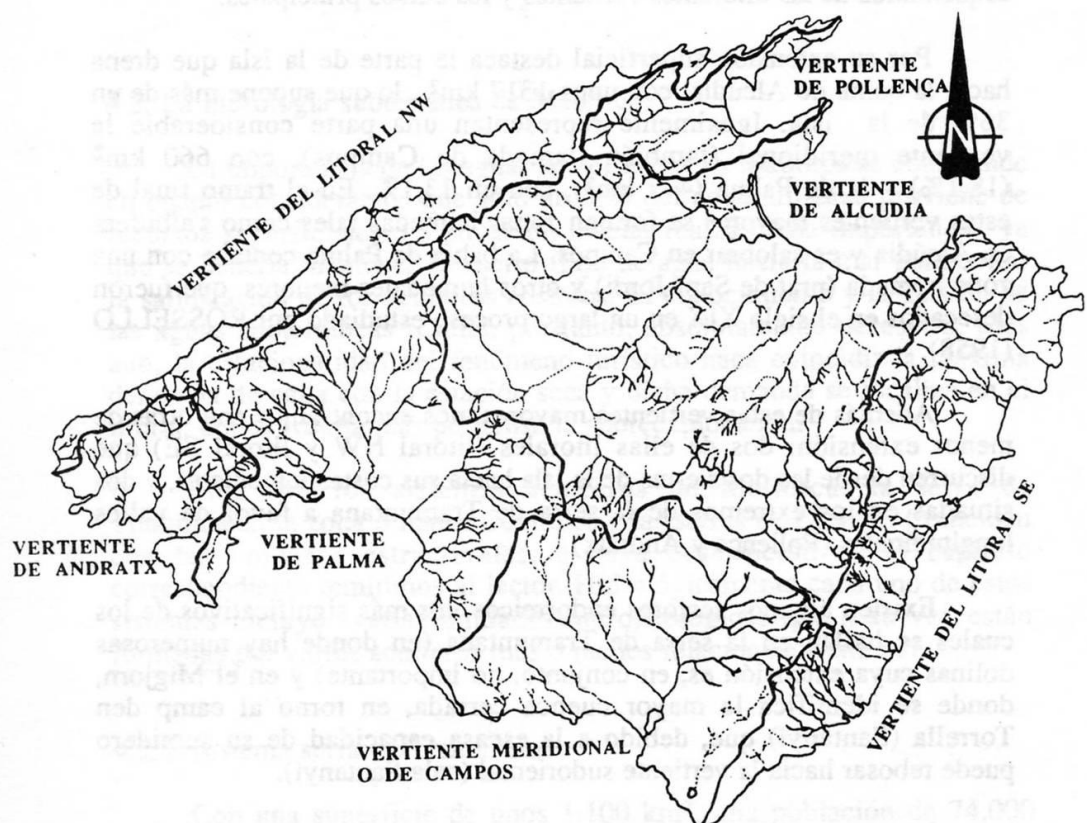


Figura 5.4. Vessants de l'illa de Mallorca. Font: Grimalt et al (1991).

Els vessants orientats cap el sud són el de Palma (623 km² de superfície) i de Campos (597 km² d'extensió). A Palma destaquen els quatre torrents que tallen l'espai urbà de la capital mallorquina, sant Magí (11,5 km² de conca), sa Riera (59,5 km² d'extensió), na Bàrbara (superfície de conca 30,5 km²) i el torrent Gros (215 km² de conca). Tots desemboquen a la badia de Palma.

Al segon vessant destaquen els torrents de son Xorc, son Catlar i son Elegant. Tots tenen un drenatge deficient, amb llits pocs definits i molt antropitzats. Ademés la xarxa acaba al salobrar de Campos, una zona sense sortida a la mar ja que està tancada per una barra dunar. Només en casos de grans revingudes els cabals rompen el sistema dunar per desembocar a la mar.

Els vessants litorals tenen unes superfícies més petites. El de Llevant té una extensió de 566 km² i el de Tramuntana 283 km². Es tracta de zones amb cursos de curt recorregut, amb majors pendents a la Tramuntana, on destaca el torrent Major de Sóller, i un descens més suau des de les serres pròximes a la mar en el cas del vessant de Llevant, on cal destacar els torrents de Canyamel, ses Talaioles i ca n'Amer.

Finalment, cal parlar dels dos vessants situats als extrems de la serra de Tramuntana. El vessant de Pollença té una extensió de 142 km² i el curs principal és el torrent de sant Jordi, amb una conca de 42,8 km². El vessant d'Andratx és lleugerament més gran, amb una superfície de 174 km². El principal torrent que corre per aquesta vessant és el de Santa Ponsa, amb una conca de 70,5 km². També tenen certa importància els torrents de son Vic i el del Saluet.

Els cabals que els torrents porten en el seu curs són monitoritzats mitjançant una xarxa hidromètrica del Govern Balear que només existeix a Mallorca (Figura 5.5).

Aquesta xarxa està formada per 34 estacions dotades amb limnígraf o amb una escala de mesura. La seva distribució geogràfica no abasta el conjunt de l'illa ja que respón, inicialment, a l'objectiu d'estudiar conques d'alimentació de futurs embassaments (Ginard i Grimalt, 2012). Aquest objectiu fou abandonat i la xarxa d'estacions va quedar com una eina de control de cabals a les diferents conques aforades.



Figura 5.5 Xarxa d'estacions d'aforament de Mallorca. Font: DGRH (2009).

D'un principi la xarxa estava formada per 44 estacions, 10 equipades amb limnígrafs i la resta amb escala. A finals del segle XX només 34 estacions restaven en funcionament, repartides sobretot a la part central i nord de la serra de Tramuntana, al vessant de Palma i al d'Alcúdia i també a la costa oriental de l'illa.

En general les estacions estan obsoletes per mor del seu disseny original i a altres factors com el poc manteniment que tenen o les modificacions produïdes en els llits i les conques per l'acció de l'home.

En conjunt les dades que ofereixen no són gaire fiables i, de fet, presenten sèries sovint incompletes ja que, en el cas de torrentades importants, els limnígrafs són superats per les aigües i els valors registrats no són reals ja que els mecanismes deixen de funcionar (Rosselló, 2001). Un altre factor a considerar és que la mesura presa en una hora concreta del dia, com és el cas de les estacions amb escala, no és representativa de les oscil·lacions de cabal que pugui presentar la conca, ja que a les corrents efímeres mediterrànies els esdeveniments no són continus si no que tenen una gran complexitat lligada a factors com la precipitació, la seva intensitat i el seu repartiment territorial (Bracken et al, 2008), les característiques del sòl i del relleu (Camarasa i Segura, 2001) i els seus usos (Bull et al, 1999).

5.3 ESTAT DE LA QÜESTIÓ DE L'ESTUDI DE LES INUNDACIONS A MALLORCA

L'estudi de les inundacions a l'illa de Mallorca és un tema que es remunta als primers casos d'esdeveniments d'aquesta mena, com per exemple la inundació de Palma de l'any 1403, objecte d'anàlisi a diferents obres ja en el segle XIX (Anònim, 1850; Peña, 1891).

Aquests tipus de treball de caire descriptiu són habituals fins a les darreries del segle XX i solen aparèixer a cròniques i altres reculls de dades, bé a nivell general de Mallorca com el *Cronicon Majoricense* (Campaner, 1881), bé a nivell local com per exemple a Felanitx (Xamena, 1967, 1972, 1974, 1976).

Durant els anys 80 del segle passat, i lligat al desenvolupament del departament de Geografia de la Universitat de les Illes Balears, sorgeixen tot un conjunt d'estudis relacionats amb la temàtica de les inundacions, com són els articles de Grimalt (1987, 1990) de caire descriptiu tot dos.

La tesi doctoral de Grimalt, *Aproximació a una geografia del risc a Mallorca. Les inundacions*, de l'any 1989 suposa una recollida exhaustiva de tots aquells fets succeïts en el passat, mitjançant el buidatge de fonts històriques, i en una etapa més propera com la segona meitat del segle XX, amb el recull de les dades publicades per la premsa.

Malgrat tot, serà un fet catastròfic el que obrirà el camí a tota una producció científica relacionada amb els aspectes lligats a les inundacions. Les revingudes del 6 de setembre de 1989 a la zona de Llevant i Migjorn de Mallorca suposaren un gran impacte social i econòmic i motivaren un seguit d'estudis que poden diferenciar-se segons el tema dominant:

- Descripcions d'esdeveniments (Grimalt, 1989b).
- Càlcul de cabals punta assolits (Grimalt i Rodríguez, 1990a, 1990b, 1990c).
- Anàlisi dels cabals i comportament dels desbordaments (Grimalt i Rodríguez, 1991a).
- Anàlisi quantitatiu de les xarxes de drenatge afectades i la seva possible relació amb la magnitud de la crescuda (Grimalt et al, 1990).
- Delimitació i cartografia de les zones inundades (Grimalt i Rodríguez, 1991b).

Posteriors inundacions que varen tenir lloc el 1990 i el 1994 suposaren també una producció científica que segueix les pautes marcades per l'esdeveniment de 1989. Trobem així anàlisis

quantitatius de les xarxes de drenatge del vessant sudoccidental de Mallorca (Servera, 1991, 1992) però el més destacable és el desenvolupament de tota una sèrie d'informes sobre el funcionament de les conques i els cabals assolits a les inundacions, realitzats de forma conjunta per membres de la universitat i de la Junta d'Aigües del Govern Balear i dirigits per Miquel Grimalt i Antonio Rodríguez (Taula 5.1). Aquests informes s'iniciaren amb l'estudi dels succeïts del 1989 al vessant de Campos i continuaren amb les inundacions del 8 i 9 d'octubre de 1990 als vessants d'Alcúdia i Pollença, amb les del 28 de setembre de 1994 al vessant de Manacor i les del 13 d'octubre de 1994 al vessant sudoriental (Grimalt i Rodríguez, 1991a, 1991b, 1992, 1996, 1998) i ja en el segle XXI l'estudi de les inundacions de PortoPetra i Cala Llonga, (Grimalt et al, 2002).

Àrea afectada	Any de l'esdeveniment
Campos i sud-est de Mallorca	1989
Alcúdia	1990
Pollença	1990
Manacor	1994
Llevant	1994
Cala Pí, litoral sud	1996
Cala Pí, litoral sud	1998
Porto Petre	2001

Taula 5.1 Llistat d'estudis oficials sobre inundacions a Mallorca. Font: dades de la DGRH.

Aquests estudis empren l'anàlisi post-esdeveniment com a font bàsica per a la recollida de dades que permeten fer el càlcul dels cabals assolits així com el comportament de les aigües durant el desbordament. El coneixement de les precipitacions, tant a nivell de

quantitats com de distribució espacial i temporal de les pluges, són també part important d'aquests informes.

Els resultats, en forma dels cabals als que arriben les diferents conques estudiades, són prou demostratius de la capacitat torrencial de la xarxa superficial de l'illa de Mallorca (Taula 5.2).

S'han obtingut resultats de fins a $1054 \text{ m}^3/\text{s}$ en el cas del torrent de son Negre, a la conca de Campos, durant les revingudes de setembre de 1989. En aquesta mateixa data apareixen resultats que sobten donades les dimensions de les conques afectades, dimensions petites que originen cabals extraordinàriament elevats com és el cas del torrent de ses Boqueres que, amb una extensió d'uns 23 km^2 , assolí una punta de $859 \text{ m}^3/\text{s}$. Els posteriors episodis d'inundacions no han arribat a cabals punta com els del setembre de 1989 malgrat hagin assolit quantitats superiors als $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si comparam aquests valors amb els de rieres o rambles de la costa mediterrània peninsular podem veure com són prou importants. Per exemple, al riu Llobregat, amb un cabal mitjà de $20,77 \text{ m}^3/\text{s}$, s'han calculat puntes entorn dels $1400 \text{ m}^3/\text{s}$. La seva extensió de conca és de 4900 km^2 , major fins i tot que tota la superfície de Mallorca.

Al País Valencià succeeix quelcom semblant, passant les rambles d'estar seques o amb un cabal reduït a conduir valors molt elevats en qüestió d'hores. Un exemple és el riu Albaida que té una extensió de conca de 1300 km^2 i patí una crescuda dels $50 \text{ m}^3/\text{s}$ a $865,7 \text{ m}^3/\text{s}$ en només una hora durant un episodi el setembre de l'any 1997 (Segura, 2003).

A partir del desenvolupament d'aquestes recerques han aparegut altres estudis com el de Gelabert (2001) i, amb un major grau d'importància, el desenvolupament del pla contra el risc d'inundació a les Balears, anomenat INUNBAL (2005) i que empra com a fonts

bàsiques per a delimitar els espais de major risc d'afectació tant la tesi de Grimalt com els informes anteriorment citats.

Episodi	Vessant/Conca	Cabal (m³/s)
Setembre 1989	Campos/ son Negre	1054
Setembre 1989	SudEst/ ses Boqueres	859
Octubre 1990	Alcúdia/ son Bauló	426
Octubre 1990	Pollença/ Ternelles	207
Octubre 1994	Manacor/sa Cabana	112,8
Octubre 1994	SudEst/ ses Talaioles	366
Setembre 1996	Sud/ Cala Pí	133,26
Novembre 1998	Sud/ Cala Pí	116,69
Novembre 2001	SudEst/ Porto Petre	130,4

Taula 5.2 Cabals màxims mesurats als torrents de Mallorca. Font: Elaboració pròpia.

Amb posterioritat, s'han desenvolupat més estudis sobre inundacions, lligats quasi tots ells a la celebració de jornades d'estudis locals arreu de Mallorca, on s'han presentat comunicacions referides a fenòmens passats com les inundacions a finals del segle XIX i principis del XX, per exemple a Manacor (Grimalt et al, 2005) o més recents en el temps com és el cas d'Esporles amb revingudes ja dins el segle actual (Salamanca et al, 2008).

5.4 INUNDACIONS HISTÒRIQUES I CONTEMPORÀNIES

Dos són els riscos amb major incidència al nostre territori, les sequeres i les inundacions (Grimalt, 1992). Des del segle XV fins a l'any 2010 a les Illes Balears s'han registrat un total de 217

inundacions, que afecten sobretot l'illa de Mallorca (Grimalt i Rosselló, 2011b).

Les inundacions destaquen per ser l'esdeveniment que, històricament, més morts ha provocat. Un sol desastre, la inundació de Palma de l'any 1403, provocà 5000 morts (Grimalt, 1989) i una altra torrentada a Palma, el 7 de novembre de 1635, provocaria la mort de 15 persones (Grimalt, 1992).

Com s'ha esmentat, el sistema de drenatge de les Illes es basa en cursos de funcionament esporàdic, amb unes conques de reduïdes dimensions, i una funcionalitat relacionada amb les precipitacions irregulars característiques del món mediterrani i amb el predomini de litologies permeables, especialment roques calcàries.

Les inundacions són un fenomen complex, resultat de la combinació d'uns factors naturals amb altres antròpics. Són el resultat d'episodis de pluges torrencials, amb quantitats totals notables, superiors als 100 mm en 24 hores, i fins i tot, en segons quins casos, superiors als 200 mm en 24 hores. Ademés, les intensitats horàries poden ser molt marcades.

A nivell tipològic, ens trobam amb unes revingudes tipus llampec, donades les dimensions petites de les conques, les altes pendents que presenten i les intensitats de les pluges generadores d'aquestes inundacions.

Dos factors no naturals tenen molta relació amb aquests fenòmens, especialment a partir de la segona meitat del segle XX. Per una banda trobam la intensa urbanització del territori, molt lligada al desenvolupament turístic, i que ha provocat una utilització d'espais inundables com poden ser les cales on desemboquen els torrents o les planes properes a aquestes desembocadures així com la construcció d'infraestructures com carreteres i altres vies de

comunicació que interfereixen amb els llits tradicionals dels torrents illencs.

Per altra banda, l'abandonament d'activitats primàries ha suposat una pèrdua del manteniment de les estructures tradicionals que regulaven la correntia i l'erosió (Estrany, 2009). Aquest fet, en cas de pluges torrencials i una resposta en forma d'avinguda sobtada, pot movilitzar gran quantitat de sediments que afectin espais situats aigües avall.

Pel que fa a la localització dels esdeveniments d'inundació a Mallorca, podem parlar de dos tipus diferenciats de casos. Un d'ells es defineix com les inundacions històriques i l'altra com les contemporànies (Grimalt, 1992).

Per inundacions històriques s'entenen aquelles que afectaren a Mallorca des del segle XV fins a la primera meitat del segle XX i les contemporànies abasten la segona meitat del segle XX fins arribar als nostres dies. Cada tipus es subdivideix segons la classificació feta per Grimalt (1992), que se pot veure a la taula 5.3.

Històricament, tres nuclis de població s'han vist afectats per inundacions. Es tracta de Palma, Sóller i Manacor, tres municipis que tenen com a característica que el casc urbà es creua per un curs d'aigua.

Inundacions històriques	Inundacions contemporànies
De nuclis urbans (Palma, Sóller, Manacor).	Locals de tipus urbà (Palma, s'Arenal, Inca, etc).

De planes al·luvials (Sa Pobla, sant Jordi, Campos).	Revingudes de torrents (Palma, Sóller, Manacor, litoral del SudEst, etc).
--	---

Taula 5.3. Tipologies d'inundacions a Mallorca. Font: Grimalt (1992).

El cas de Palma és un dels més clars com exemple d'espai inundat històricament. El seu centre estava creuat per sa Riera, un torrent que seguia un eix per la ciutat fins a desembocar al port primitiu de la ciutat. Sa Riera fou el protagonista d'un esdeveniment que provocà el major nombre de víctimes mai assolit a Mallorca i a les Balears. La torrentada del 14 d'octubre de 1403 va destruir quasi tota la part baixa de Ciutat i matà unes 5000 persones (Grimalt, 1989a; Grimalt, 1992) amb uns nivells assolits per l'aigua que van dels 3 fins als 10 metres (Grimalt i Rosselló, 2011a).

Altres inundacions que afectaren Palma foren les de 1618, 1620, 1635, 1734, 1750 i 1850.

Les planes al·luvials són també espais afectats històricament per les inundacions. Esdeveniments com els de l'any 1806, 1850, 1873 i 1875 a Campos o els de 1842, 1852, 1871, 1874, 1875, 1877, 1878, 1883, 1885, 1888 i 1893 a sa Pobla en són mostra.

Les inundacions contemporànies mostren noves tipologies del fenomen. La conflictivitat entre el creixement urbà fora mida i el risc d'inundació ha suposat l'aparició de nous espais d'afectació, llocs on abans no s'havia patit aquest fet, al manco de manera constant. Trobam així indrets com Sant Llorenç des Cardassar, inundat el 1943, 1973, 1982 i 1989 o s'Arracó, inundat el 1962 i 1971, als que cal afegir tots aquells indrets costaners on la ràpida expansió urbana lligada al turisme ha suposat un increment de l'espai inundable.

Parlam així d'inundacions de caire local, d'anegaments de tipus urbà. Es tracta de succeïts que afecten l'espai urbanitzat del municipi, relacionats bàsicament amb la manca d'un clavagueram adequat per les pluges torrencials i amb l'augment de les superfícies impermeables. Casos evidents són els de Palma (1962, 1967, 1968, 1969, 1972, 1973, 1975, 1976, 1978, 1979, 1981, 1989, 1991, 2007, 2009, 2010, 2011 i 2012) o Inca (1963, 1969, 1973 i 1975). Dintre d'aquesta tipologia d'inundacions locals també se poden incloure els negaments de terres, relacionats amb la poca inclinació dels terrenys i la manca de capacitat d'infiltració dels sòls. Un espai procliu a aquests negaments és el Pla de Mallorca on destaquen els fets dels anys 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1978, 1986, 1991, 2001 i 2005).

Les revingudes associades a desbordaments de cursos d'aigua també són quelcom contemporani. Si en la tipologia històrica només tres municipis s'havien vist afectats per aquest tipus de fenomen, a l'actualitat, i pels factors urbanístics abans esmentats, s'ha incrementat el nombre de llocs que han patit inundacions. A Palma, Sóller i Manacor cal afegir-hi ara altres nuclis com el port de Manacor, Canyamel, Cala Millor, S'Illet, Cala Murada, port de Felanitx o Portopetres al litoral oriental de Mallorca, Sa Ràpita o Cala Pí a la costa sudest, Santa Ponsa, Peguera, es Camp de Mar, Sant Elm o es port d'Andratx a la costa sudoest i la Cala de Sant Vicenç, el port de Pollença, el port d'Alcúdia o Son Bauló a la costa nord.

Cal esmentar finalment aquells indrets allunyats de la costa però que també s'han vist afectats pel desenvolupament urbanístic de l'interior de Mallorca. Trobam tant espais residencials (Palmanyola, sa Font Seca, Marratxí) com polígons industrials i de serveis (Son Castelló, Ca'n Valero, Son Bugadelles), que han patit inundacions de soterranis i baixos així com l'anegament de carrers a causa del desbordament de cursos que, moltes vegades, són considerats poc funcionals i

ocupats pel continuu urbà (Box i Morales, 1993; Olcina i Jiménez, 2002)

6. LES ÀREES D'ESTUDI

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

6.1 POLLENÇA.

6.1.1 Trets geogràfics.

Pollença es troba situada a la zona nord de Mallorca, a l'extrem oriental de la serra de Tramuntana (Ajuntament de Pollença, 2014). El municipi té una extensió de 146,03 km² i es pot dividir en tres sectors diferenciats:

- sector nord-est de la serra de Tramuntana, el més extens i de relleu abrupte.
- Pla de Pollença, terreny pla cobert de sediments.
- La Marina, una franja d'un kilòmetre d'ample situada a la badia. És un sector proper a la mar amb dunes que separen de l'aigua l'Albufereta, un aiguamoll de 295 Ha.

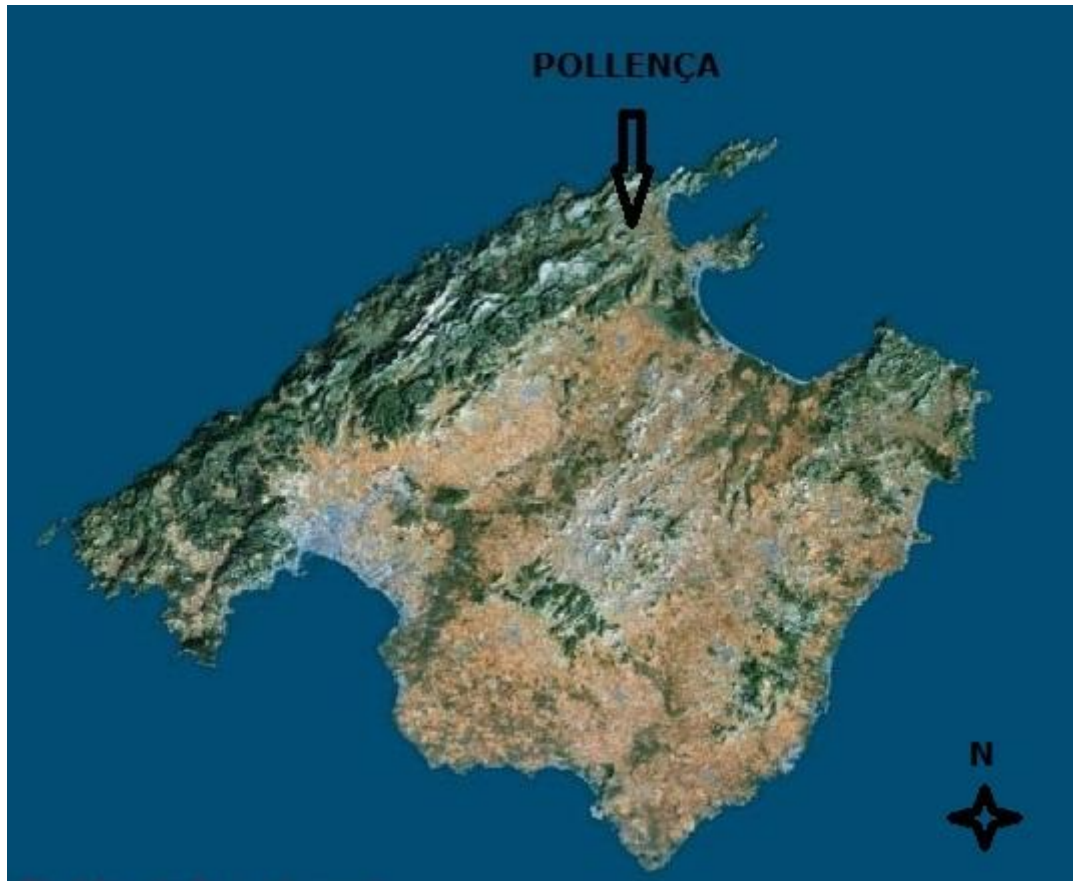


Figura 6.1. Localització de Pollença. Font: SITIBSA.

A nivell geològic hi han tres unitats tectòniques, separades per fronts d'encavalcament. Les tres unitats són:

- Unitat Sa Calobra-George Sand. Situada al sud-oest del terme, està formada per un sòcol de materials del Triàsic.
- Unitat Alfàbia-Es Barracar. Ocupa el sud-est de Pollença, està constituïda per materials quaternaris.
- Unitat Teix-Tomir. Ocupa la major part de la zona. Predominen els materials del Juràsic i del Triàsic.

La situació del municipi a l'extrem septentrional de la serra explica la presència de morfologies com el modelat kàrstic, típic de la serra de Tramuntana, i que és present a la major part del territori municipal (Ajuntament de Pollença, 2004).

També per la seva localització geogràfica aparèixen encavalcaments afavorits pels materials calcaris més plàstics del Triàsic. Sobre tots aquests materials plegats i fracturats s'han disposat de manera tabular argiles i llims quaternaris.

Aparèixen argiles, guixos i margues del Triàsic superior que ocupen els fons de les valls i que, posteriorment, foren recoberts per materials quaternaris.

Els materials més recents són les argiles vermelles, llims arenosos i conglomerats de caracter al.luvial, que pertanyen al quaternari i que es troben a les valls i a les àrees deprimides situades entre Pollença i la badia del Port.

Edafològicament parlant, el terme presenta terres brunes amb horitzonts de costra calcària desenvolupats sobre els dipòsits al.luvials. A les zones de muntanya, on predominen les calcàries, apareix un desenvolupat modelat kàrstic.

El clima de Pollença està caracteritzat per la influència de la serra de Tramuntana, que provoca que les temperatures siguin inferiors a la mitjana de Mallorca i que, en canvi, les precipitacions siguin més elevades que la mitjana illenca, assolint els 790,5 mm anuals. Seguint les característiques del clima mediterrani, les precipitacions mostren una clara diferenciació entre una tardor plujosa i un sec estiu, mentre que l'hivern i la primavera són etapes de transició (Ajuntament de Pollença, 2014). Les temperatures són elevades a l'estiu i relativament baixes a l'hivern. A les zones costaneres s'observa l'efecte atemperador de la mar.

La zona té unes temperatures diferenciades espacialment. A les parts baixes les màximes anuals oscil·len entre els 30 i 32°C però a les muntanyes aquestes màximes només arriben als 24-28°C. Les mínimes estan entorn dels 6-8°C i a les zones per damunt els 500 metres s'assoleixen temperatures entre 4 i 6°C.

Aquesta dissimetria també se troba a les precipitacions. Així, a la Marina les mitjanes estan entre els 600 i els 800 mm anuals mentre que a punts elevats es poden assolir els 1100-1200 mm cada any. Les precipitacions mínimes es recullen al far de Formentor, on només hi plouen anualment 436,8 mm.

La hidrologia superficial de la zona estudiada s'inclou dins una de les vessants situades als extrems de la serra de Tramuntana, en concret la vessant de Pollença (Figura 6.2). La xarxa està formada per torrents que corren encaixats i que tenen un escàs desenvolupament longitudinal. Són funcionals només quan hi han pluges importants, com és habitual a l'illa de Mallorca (Grimalt; Rodríguez, 1992).

La disposició del relleu dins aquesta vessant provoca que se puguin trobar fins a tres subvessants diferenciades.

La primera és la de Pollença, que és la principal. Hi apareixen cursos breus com els de can Roig, de l'Avenc o de n'Adrià però també s'hi troba el torrent més destacat, el de Sant Jordi, amb una conca de 42,3 km² d'extensió. També cal destacar el torrent de son Brull, el més cabdalós de la zona ja que al seu tram final apareixen dins el seu jaç sorgències conegudes com les Fonts de l'Almadrava que li proporcionen una notable regularitat de cabal. En canvi, els cursos alt i mitjà funcionen amb menys freqüència.

Una segona subvessant és la del litoral nord-est, amb cursos com les Rotes Velles, can Boscana o les Parres, de poca importància i dimensions.

Finalment, es troba la subvessant meridional, originada als contraforts del Puig Tomir i que drena cap a la badia d'Alcúdia. Trobam aquí torrents com el del Guix, Comafreda o el de Massana.

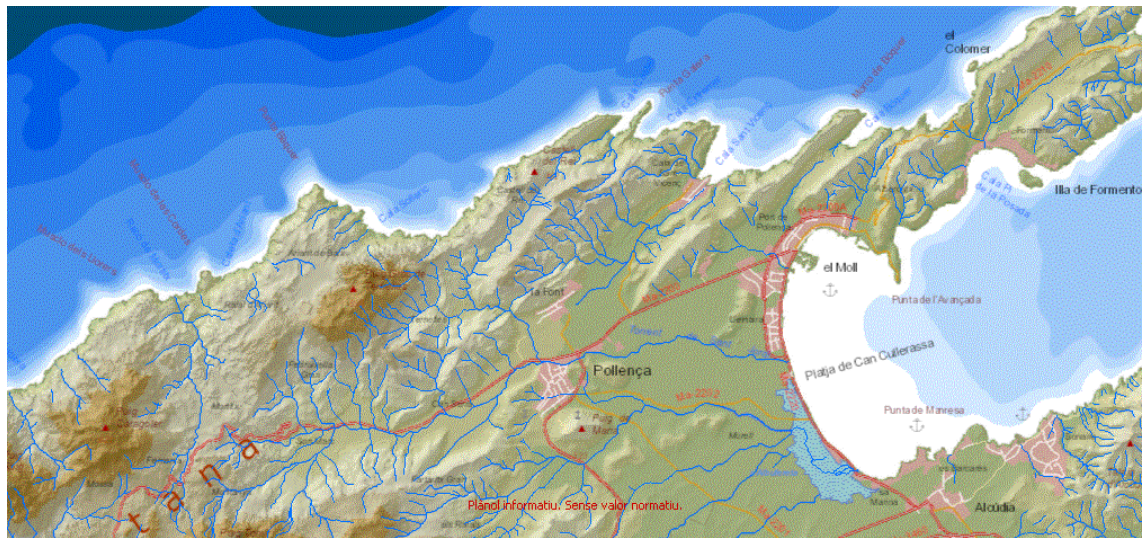


Figura 6.2. Xarxa de torrents de la vessant de Pollença. Font: SITIBSA.

Els llits dels torrents de la vessant pollencina estan ben marcats sense que hi hagi hagut excessius intents per part de l'home per anul·lar la correntia. Així i tot, a bona part del recorregut els jaços han estat reduïts sensiblement mitjançant canalitzacions entre murs

de pedra seca i, en segons quin llocs, apareixin actuacions més severes amb l'encimentat de trams del llit.

Les aigües subterrànies de la conca pollencina se troben incloses dins les unitats hidrogeològiques de Formentor i Almadrava. La part superior de la vessant pertany a la unitat del Puig Roig. En conjunt presenten pocs problemes de sobreexplotació malgrat que a la zona costanera existeix una forta contaminació marina que afecta a la unitat Almadrava.

Les unitats han estat explotades històricament per l'home, aprofitant les fonts abundants a l'àrea així com mitjançant pous i altres sistemes extractius, com és el sistema de molins d'aigua de la zona de Llinàs (Gran Enciclopèdia de Mallorca, 1989).

Biogeogràficament, la zona d'estudi presenta entorn del 30% de la seva extensió coberta per massa forestal. La garriga d'ullastre i garballó és la comunitat vegetal més abundant. A indrets d'alta muntanya apareixen espècies com l'estepa joana, la camamil·la, el romaní, l'eixorba-rates, etc.

Al litoral trobem dos espais prou diferenciats. A la costa rocosa s'hi pot trobar el fonoll marí, el gatovell, la savina, etc, mentre que a la costa arenosa hi són presents espècies com el tamarell, el borró, el card marí o els moixos.

Finalment, a l'Albufereta, apareixen el jonc, l'herba salada, el canyet i la bova i, a un extrem de l'aiguamoll, hi ha un bosc de tamarells.

6.1.2 Descripció de la conca i caracterització morfològica.

El torrent de Sant Jordi es forma a l'entrada del casc urbà de Pollença i és el resultat de la unió del torrent de la vall de'n Marc i el torrent de Ternelles. El seu curs discorre per la plana al·luvial que hi ha a la

part central del municipi fins a la seva desembocadura a la badia de Pollença, aprop de Llenaire.

Les branques que formen aquest torrent tenen les seves capçaleres als relleus que envolten la vall pollencina, un conjunt de valls i muntanyes que assoleixen alçades importants, per sobre dels 1000 metres, encara que l'altura mitjana sigui inferior, entorn dels 700 metres.

La branca del torrent de la vall de'n Marc està envoltada per la Cuculla de Fartàritx i el coll de Miner a la seva part oriental i pel Puig Tomir i els seus contraforts com el Puig de ca na Miner a la zona occidental. L'àrea de capçalera presenta trams sense tàlveg definit, en forma de xaragalls, i té unes destacables formes de modelat kàrstic (Santandreu i Trias, 2005).

Al nord de la vall de'n Marc els relleus que tanquen aquest vessant són el Puig de can Massot, el Puig Gros de Ternelles i el Puig de l'Esbaldregat. Entre aquests relleus apareixen valls encaixades per on corren torrents que van a parar al curs principal, destacant els torrents de Mortitxet, de Pedruixella, de son Grua, de Llinàs i el de son Sales.

El torrent de Ternelles és l'altra curs que, unit al de la vall de'n Marc, dona origen al torrent de Sant Jordi. Aquest torrent corr per dins la vall de Ternelles, tancat per relleus com la serra de Cornavaques, el Puig de Gironella, el coll de Ternelles i la serra de la Font.

La conca del torrent de Sant Jordi és, des d'un punt de vista geomorfològic, un dels cursos més complexos de l'illa de Mallorca. El jaç està ben definit entre sediments aportats pel propi torrent que té una dinàmica prou activa, que es tradueix amb el moviment de molt material de fons pedregós, emprat tradicionalment com a material per a la construcció. Exemple també de la vitalitat d'aquest curs és

l'erosió i les destruccions provocades a les infraestructures que el travessen. Ponts, passadores i camins han estat sovint afectats per les torrentades i reconstruïdes posteriorment.

Endemés d'aquesta activitat torrencial, el torrent té una altra característica que és l'alternància de trams en que l'aigua corr durant llargs períodes de temps amb trams on la corrent s'engorga i desapareix, excepte en casos de pluges molt intenses. Els factors explicatius són, per una part, la intensa karstificació de la zona i, per una altra, la presència de depòsits de còdols en el llit que fan que el cabal s'infiltri i corri subsuperficialment, de manera que pareix que el curs està sec.

El risc d'inundació a n'aquesta conca és reconegut als estudis oficials encara que mostren certes diferències. Així, en un dels treballs se li dóna un nivell de risc de tipus 2, baix-mig (Gelabert, 2002), per l'afectació de les aigües sobre carreteres mentre que al Pla Especial contra el risc d'inundacions, INUNBAL (CAIB, 2005) el nivell de risc augmenta fins el valor 3, perill alt per a persones i béns. La cartografia mostra com la zona de major perillositat és el tram mig, a la vall de'n Marc i a la vila de Pollença quan s'uneix al curs anterior el torrent de Ternelles (Figura 6.3).

Dintre de la xarxa d'estacions hidromètriques del Govern Balear dues es troben situades a la conca del torrent de Sant Jordi. Són les estacions B051 Sant Jordi i B052 Ternelles. Ambdues no tenen limnigraf i presenten problemes de manteniment. La primera fou destruïda per unes obres i la segona té una secció que no és adequada ja que es produeixen acumulacions de sediments a la zona.

El valor mitjà del cabal al torrent de Sant Jordi és de $4,08 \text{ hm}^3/\text{any}$ i el de Ternelles de $1,85 \text{ hm}^3$ anuals.

L'estudi de les conques de drenatge i de la seva forma s'ha convertit en una part destacada de les feines de recerca hidrològica. La importància de la morfometria ve donada per la relació entre certes propietats morfomètriques, com tamany, forma o pendent, amb el comportament dels cabals i de les crescudes. Aquestes propietats morfomètriques tant poden minvar com augmentar les crescudes de la xarxa (Ibiate, 2004).

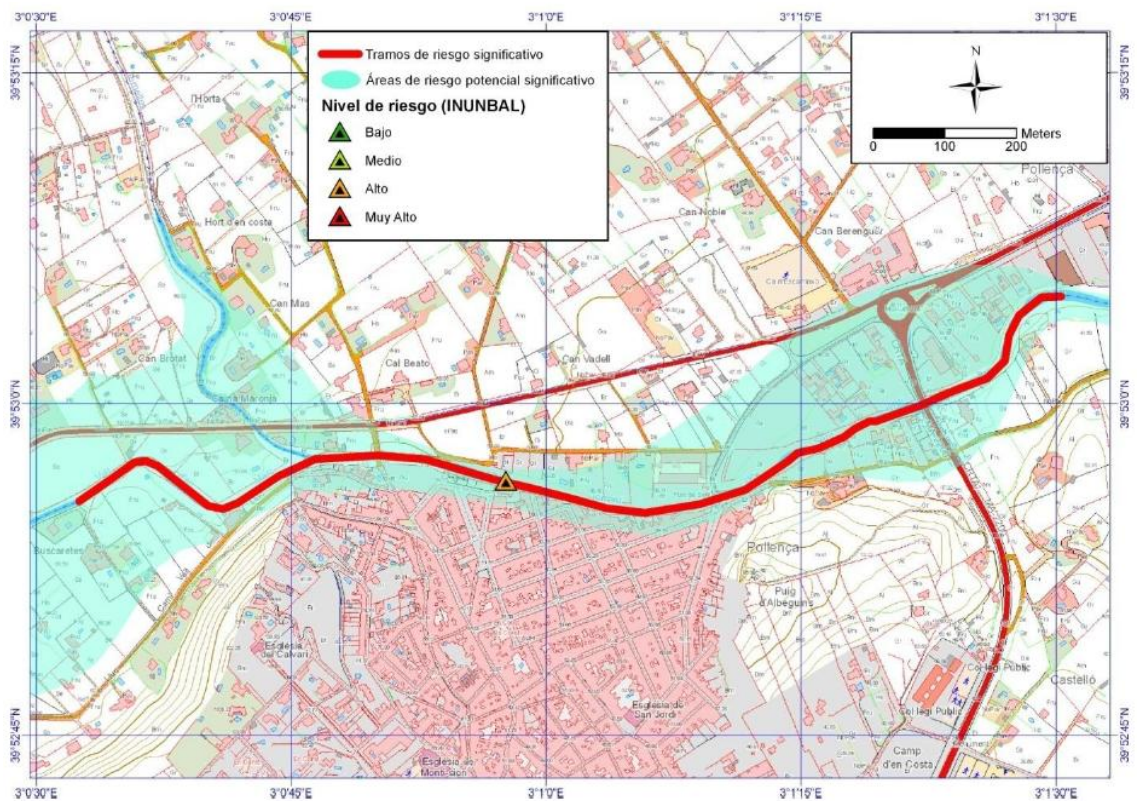


Figura 6.3 Àrees de risc d'inundació properes al sector urbà. Font: Direcció General de Recursos Hídrics (2009).

A partir de les característiques morfomètriques d'una conca es poden derivar càlculs per obtenir cabals màxims esperables ja que aquestes característiques afecten a la resposta en forma de cabal segons la superfície de la conca estudiada (Jones, 1997).

La metodologia emprada ha estat l'ús de la cartografia existent de la zona, amb el mapa escala 1:25000 de l'*Instituto Geográfico Nacional*

(IGN). Sobre aquest mapa s'han identificat els cursos superficials de la conca, i seguint el model presentat per Strahler (1974), s'han usat les inflexions de les corbes de nivell per a completar la informació que dona el mapa. Aquest mètode ja fou emprat per altres autors per l'estudi de conques a Mallorca (Grimalt et al, 1989; Servera, 1992). La feina de gabinet s'ha completat amb la consulta de fotografia aèria i amb el treball de camp per a completar l'estructura de la xarxa de drenatge que es converteix en un nou mapa, aquesta vegada sobre suport informàtic. És amb aquest mapa amb el que se desenvolupa el treball d'anàlisi morfomètrica.

Una vegada delimitada la conca de drenatge i les seves subconques es caracteritza amb una sèrie de variables que es poden agrupar en 4 categories i que es presenten a continuació.

Variables de relleu:

- Desnivell absolut de la conca (Hm). Es l'altura màxima de la conca i es mesura en metres.
- Pendent mitja de la conca (Pm). S'obté superposant una xarxa de quadrícules d'1 cm sobre el mapa de la conca. El pendent s'avalua a partir de la diferència d'altura entre els dos punts extrems de la diagonal amb la direcció del drenatge. S'expressa en m/m.
- Altura màxima del canal principal (Hcmp). S'observa el punt de major altura del canal principal de la conca. Mesurat en metres.
- Longitud del canal principal (Lcp). Es mesura la distància del canal principal de les subconques fins que arriba al torrent principal. Ve donat en km.
- Longitud de relleu (Lr). Longitud de la conca mesurada en una direcció paral·lela al tàlveg principal. Mesurat en km.

Variables topològiques:

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

- Número d'ordre màxim del canal principal (O). Seguint el mètode d'ordre de conques de Strahler (1974) que dóna un valor a cada curs d'una conca s'obté el valor del canal principal de cada subconca.
- Número de cursos de cada ordre (N1-N...).
- Número total de cursos distingits (NT).
- Raó de bifurcació (RB). Considerar el nombre de cursos d'ordre inferior que hi ha per a cada ordre immediatament major.

Variables de longitud:

- Longitud dels trams de cada ordre (L1-L...). Mesurada en km.
- Longitud total de la xarxa de drenatge (Lt). Mesurada en km.

Variables de superfície:

- Àrea total (A). Superfície total de cada subconca i de la conca. Mesurada en km².
- Perímetre de conca (P). Mesurat en km.

CONCA	Hm	Hcm p	Lcp	Lr	Pcp	O	N1	N2	N3	N4	N5	Nt
Sant Jordi	1100	1030	17,5	15,0	0,05	5	88	24	4	2	1	189

	Rb1- 2	Rb2- 3	Rb3- 4	Rb4- 5	L1	L2	L3	L4	L5	Lt	A	P
Sant Jordi	3,6	6	2	2	45,5	18,2	8,0	5,0	6,8	83,5	42,3	44,0

Taula 6.1. Variables morfomètriques del torrent de Sant Jordi. Font: elaboració pròpia.

La conca assoleix un ordre 5 segons la classificació d'Strahler. La longitud total dels diferents canals de la conca és de 83,5 km dins una àrea de 42,3 km².

Dels valors assolits cal destacar la raó de bifurcació. Segons Strahler (1964), un valor superior a 4 és indicatiu d'una torrencialitat moderadament alta. En el cas estudiat, només la Rb entre els ordres 2 i 3 assoleix aquesta característica, arribant a un valor de 6. S'ha cercat la raó de bifurcació mitjana de la conca, que és de 3,4. Es pot concloure que la torrencialitat del torrent de Sant Jordi segons el nombre d'ordres que presenten els seus canals de drenatge és baixa. Les variables aconseguïdes amb la caracterització morfomètrica de la conca en permeten a continuació analitzar el possible comportament de la mateixa en el cas d'una crescuda de cabal ja que les propietats morfomètriques poden augmentar o minvar les crescudes de la xarxa (Ibiate, 2004).

En concret s'han calculat els índexs següents:

Factor de circularitat (Rc), que relaciona la superfície de la conca amb el seu perímetre.

$$\mathbf{Rc: 4\pi A/P^2}$$

Densitat de drenatge (Dd), que divideix la longitud total dels trams que formen la conca per la superfície que ocupa.

$$\mathbf{Dd: \Sigma L/A}$$

Coeficient de torrencialitat (Ct), és el resultat de dividir el nombre d'ordres de valor 1 entre la superfície de la conca.

$$\mathbf{Ct: \Sigma N1/A}$$

Temps de concentració (T_c), que relaciona la longitud del canal principal amb el desnivell que salva fins a la seva desembocadura i permet conèixer el temps de resposta de la xarxa fluvial.

$$T_c: 0,3[L/J]^{0,25}]^{0,76}$$

El primer índex és una variable geomètrica mentre que els altres tres són variables d'intensitat fluvial.

Els resultats pel torrent de Sant Jordi són els següents:

El valor de la raó de circularitat és de 0,27, el que suposa que es tracta d'una conca allargada. En aquest sentit, aquest tret geomètric indica que la forma no intensifica les possibles crescudes de cabal.

La densitat de drenatge és de 1,97, que vol dir que per cada km^2 de conca hi han 1,97 km de canals, que indica una eficiència moderada de la xarxa de drenatge.

El coeficient de torrencialitat assoleix un valor de 2,07. Suposa un potencial baix ja que augmenta el temps d'arribada del cabal punta fins el canal principal el que redueix el risc d'inundacions sobtades.

El temps de concentració del torrent de Sant Jordi és de 4,53 hores. És un valor mitjà per a una conca de les dimensions de l'estudiada, que mostra una forma allargada el que retarda el recorregut de l'aigua des dels canals afluents fins al canal principal i la seva desembocadura.

6.1.3 Inundacions històriques i contemporànies.

A més de les revingudes de 2004, 2005 i 2007, hi ha hagut tot un seguit de jornades amb inundacions al vessant pollencí, que, sense sense ser exhaustius, es comenten a continuació.

A nivell històric, es tenen coneixements de dues inundacions que varen afectar la conca del torrent de Sant Jordi a finals del segle XIX, en concret el 4 d'abril de 1870 i el 31 de març de l'any 1873.

Ja en el segle XX apareixen nombrosos episodis de revingudes i inundacions que comencen amb els fets del dia 7 i 8 d'octubre de 1958, quan es va iniciar un perllongat temporal de precipitacions, que en aquestes jornades arribaren a 220,4 mm a can Serra i 234,0 mm a Mortitx. Les revingudes foren generalitzades a tot el vessant pollencí. A la part de Pollença el torrentó de la Gola va augmentar de nivell fins a negar les plantes baixes de nombrosos habitatges. A prop del nucli urbà de Pollença el torrent de Sant Jordi va sobrepassar els ponts, i concretament va botar damunt el pont de la carretera general (Can Berenguer), li va arrabassar la barana i el va deixar sense asfalt.

El torrentó de la Solana, que creua el clos urbà pollencí va vessar i afectà nombroses cases i carrers, que foren malmesos tant pel desbordament del curs esmentat com per les aportacions dels xaragalls des de les elevacions properes.

Dins la dècada de 1950 hi havia hagut d'altres episodis amb precipitacions molt intenses que fan sospitar en possibles problemes de revingudes, en concret el 14 de març de 1955 es registraren 222,3 mm a can Serra, i el 8 de juny de 1959, en què a Mortitx es recolliren 228 mm.

Una altra data amb problemes d'inundacions al vessant de Pollença foren el 29 i 30 de setembre de 1959, amb negaments al Port de Pollença, tot i que la premsa local no n'ofereix detalls. Aquesta inundació fou simultània del gran temporal que va afectar el vessant oriental de Mallorca.

El 19 de setembre de 1962 es va produir un altre revinguda a les conques pollencines que afectà especialment la zona del port. Les fonts parlen de precipitacions entorn del 96 mm descarregats en poc temps encara que no fan cap descripció detallada de l'impacte de la torrentada (Grimalt, 1992).

L'any 1989, el 21 de setembre, es produïren desbordaments d'abast limitat al torrent de Sant Jordi.

Com a precedent més immediat de les torrentades ara analitzades cal destacar l'episodi del 8 i 9 d'octubre de 1990, en què al llarg de dues jornades es succeïren aiguades de intensitat desaforada a tot el vessant de Pollença, amb quantitats de precipitació molt importants des de capçalera fins a la desembocadura. Les puntes de revinguda foren especialment importants no tan sols al torrent de Sant Jordi sinó també a altres cursos del vessant, tant el torrent de Son Brull com al torrent de l'Arboçar. Dins la mateixa àrea geogràfica va destacar també el desbordament del Torrent de Cala Molins.

Particularment varen destacar les fortes puntes de cabal que es produïren al torrent de Ternelles i al torrent de l'Arboçar, avaluades per Grimalt i Rodríguez-Perea (1992) en 206,80 m³/s i 203,2 m³/s respectivament. Els desbordaments foren igualment notoris al Torrent de Son Brull, el cabal màxim del qual s'estableix en el mateix estudi en 119,4 m³/s.

Les destruccions foren notòries a l'àrea del Port de Pollença, així com a bona part de les terres de conreu properes als diferents cursos d'aigua, que quedaren negades i sovint erosionades. Els marges que tanquen amples trams de jaç quedaren destruïts i determinades infraestructures viàries i ponts i passadores quedaren malmesos.

Amb posterioritat són significatius altres episodis amb cabals inferiors, com els produïts a Cala Sant Vicenç el setembre de 2002.

6.2 SÓLLER.

6.2.1 Trets geogràfics.

La vall de Sóller està situada al nord-oest de l'illa de Mallorca, a la part central de la serra de Tramuntana (Figura 6.4). Seguint l'estructura general d'aquesta serralada està orientada de manera longitudinal i té una forma rectangular amb una sola sortida a la mar, orientada cap el nord-oest, que rep el nom de sa Roca Roja. Els relleus de sa Mola i la forma lleugerament circular han donat lloc a interpretacions d'un origen de depressió kàrstica.

La vall comprèn gran part dels termes municipals de Fornalutx i Sóller. El primer seu a un dels vessants muntanyosos que la tanquen pel nord-est mentre que el segon ocupa la major part de la vall, sobretot la part baixa i plana inclosos els límits sud-occidental i sud-oriental. Una part de la conca queda dins les demarcacions de Bunyola i Escorca, concretament les cresteries que tanquen el vessant per l'est.

En línies generals, es pot establir una diferenciació entre la part plana i muntanyosa. La part deprimida de la vall queda constituïda per al·luvionament quaternari i és quasi plana, mentre que la resta de la vall és formada pels vessants dels relleus que la separen de la resta de l'illa.



Figura 6.4 Localització de Sóller. Font: SITIBSA.

Els límits de la vall estan constituïts per un conjunt de serres i carenes que s'enliren més enllà dels 1000 metres, i queda extremadament tancada a influències externes, factor que altrament ha provocat un històric aïllament de la comarca. En concret els principals relleus a destacar són (nomenats de sud-oest a nord-est): massís del Teix, serra d'Alfàbia, l'Ofre, massís de Son Torrella i Bàlitx.

Geològicament, la zona alta de la vall presenta formacions de material triàssics del Keuper i del Munchelkalk, amb litologies de margues i margocalcàries als peus de les vessants, mentre que les carenes de les serres són formades per materials liàsics amb calcàries massives i conglomerats. Com ja s'ha dit, el fons de la vall està format per materials quaternaris d'origen al·luvial

L'estratificació, que comporta la presència de materials deformables a la base, ha provocat la inestabilitat d'alguns dels vessants amb moviments de terres, localment coneguts com esllavissats. A més, al peu dels penyals s'aprecien actives rossegueres (xaragalls segons la denominació local) o cons de derrubis. Per aquest motiu, la part mitjana dels vessants de la vall apareix envoltada d'indrets on són paleses els lòbuls d'importants moviments massius de terreny. Això no obstant, l'acció fluvial i col·luvial és el principal agent geomorfològic de la zona.

El clima de la vall de Sóller s'adapta al tret general de la varietat mediterrània que caracteritza les illes Balears, amb un eixut estivenc molt intens i un màxim de precipitació força destacable al començament de l'estació freda, en tant que la primavera és relativament seca. Una anàlisi més detallada permet establir notòries diferències microclimàtiques dins la mateixa àrea d'estudi, motivades per factors com són l'alçada i la distància fins a la mar.

Les temperatures presenten una oscil·lació destacada al llarg de l'any, contrastant els 4°C de mínima mitjana del mes més fred fins els 30°C de màxima mitjana a l'agost, però a les zones costaneres les mínimes es situen entorn dels 8°C mentre que les màximes poden superar els 30°C i a les parts elevades de la vall les mínimes poden ser inferiors als 4°C i les màximes no sobrepassar els 25°C segons dades de Guijarro (1986). A més, a les parts enfonsades de la plana sovintegen inversions tèrmiques coincidint amb les encalmades d'hivern, aquestes situacions afavoreixen glaçades.

Pel que es refereix a la pluviometria, té una mitjana de precipitació superior a la de Mallorca però presenta també diferències internes oscil·lant entre els 600 mm/any de la costa fins els 1000 mm anuals de les cotes elevades.

La irregularitat pluviomètrica interanual és molt notòria, i s'alternen períodes de sequera amb valors molt inferiors a la mitjana amb d'altres amb precipitacions més elevades. En bona part aquesta irregularitat ve determinada per la presència de màximes diàries molt elevades i amb períodes de recurrència breus.

Hidrològicament, la xarxa de drenatge de la vall de Sóller s'inclou dins el vessant del litoral nord-oest de Mallorca, que s'extén des d'Andratx fins a Pollença. La vall és el punt de convergència d'una conca de 49,3 km², canalitzada a través de tres cursos principals, el torrent des Coll, el torrent de Biniaraix i el torrent de Fornalutx (Figura 6.5). Tots tres s'uneixen dins el nucli urbà de Sóller i donen lloc al torrent Major que desguassa a la Platja de'n Repic al Port.

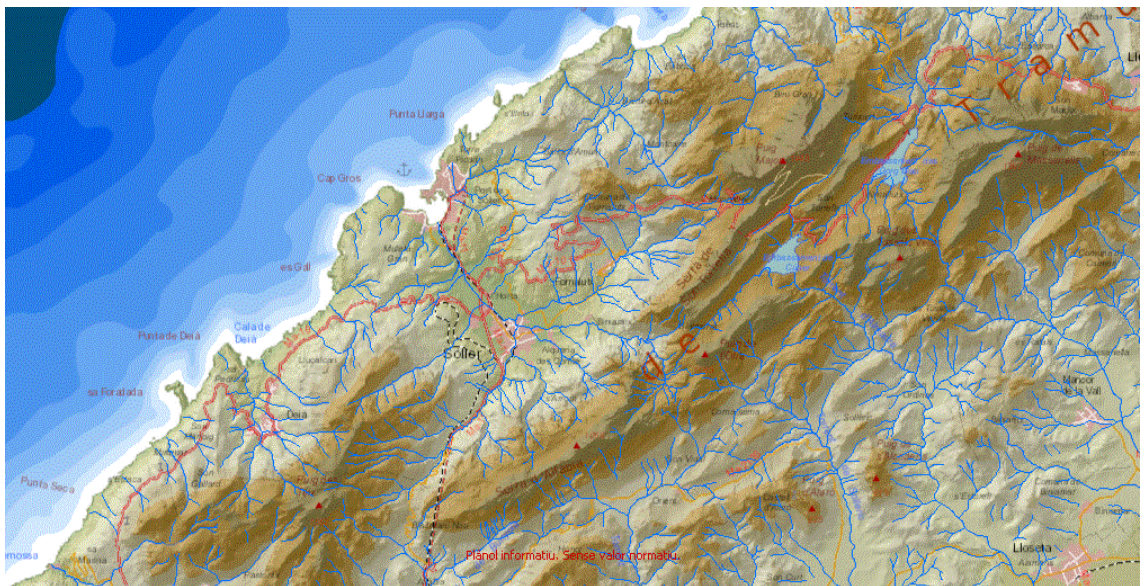


Figura 6.5 Xarxa de torrents de la vessant de Sóller. Font: SITIBSA.

Als torrents abans esmentats, cal afegir-hi aquells que es troben a la zona costanera i que desguassen directament a la mar pel Port de Sóller sense pertànyer estrictament a la vall. El més important és el torrent de sa Figuera amb una conca de 4,74 km².

En línies generals, les característiques de les conques dels torrents de Sóller són les típiques de l'àrea muntanyosa de Mallorca, amb cursos de curt recorregut, amb un gran desnivell i amb una intensa antropització (Grimalt, 1998).

En el que fa referència a les aigües subterrànies, la vall constitueix una unitat hidrogeològica que administrativament es coneix com a *Fons de Sóller*, tot i que en sentit estricte no funciona unitariament. Com és obvi, pertany al sistema hidrològic complex constituït per la serra de Tramuntana.

Aquesta unitat està formada per afloraments de materials permeables de forma majoritària però estructurats geològicament de forma molt complexa. Les diverses fonts de Sóller funcionen en conjunt com una unitat única, sense contacte amb les altres unitats de la serra, i descarrega per un seguit de surgències properes a les dues zones urbanes de Fornalutx i Sóller.

Aquestes fonts han estat aprofitades per l'home tant pel consum propi com per activitats agrícoles. Diferents autors parlen de l'existència d'una trentena de fonts a la vall (Mascaró Pasarius, 1962) però estudis recents assenyalen l'existència de moltes més encara que n'hi ha que no són aprofitades actualment (Gual i Albertí, 2000). Amb independència d'aquest sistema es troben nombroses surgències menors a peu dels depòsits de derrubis i sovint aprofitades mitjançant sistemes de mines.

Biogeogràficament, la vall presenta un important percentatge del territori que està ocupat per boscos, que suposen entorn del 25% de l'extensió total de la demarcació. Destaca la presència d'alzinars a les àrees ombrívols i a peu de penyal, acompanyats de garrigues i pinars a les solanes i a vorera de mar.

Es tracta d'una vegetació representativa d'allò que és comú a la serra de Tramuntana, amb boscos d'alzina amb pinar de substitució i màquies d'ullastrar. Apareix també un ric estrat arbustiu a zones del litoral i als cims de les serres que envolten la vall apareixen poblats per comunitats riques en endemismes, essent notòria la presència de taxons endèmics dels camps marjats com l'*Asplenium majoricum* a la zona del Barranc de Biniraix. Com a grans conjunts, el bosc ocupa normalment zones a peu de penyals i les àrees margocalcàries, sovint substituït per conreus de secà. Els cims apareixen ocupats per matollar culminar.

Un darrer factor a considerar és l'acció humana als vessants de la vall. La manca d'espais aptes pel conreu provocà històricament un aprofitament dels costers de les muntanyes. Aquest aprofitament es fa mitjançant l'esgraonament dels costers amb bancals amb el talús revestit amb murs de pedra en sec. La importància d'aquest sistema d'aprofitament del sòl s'aprecia en l'extensió superficial d'espais marjats, calculada en unes 16500 hectàrees a la serra de Tramuntana (Grimalt et al., 1992). Dins la serra destaca la vall, considerada com la major extensió amb una presència contínua de marges, ja que quasi tots els costers que l'envolten estan marjats fins els 600 metres d'alçada (Grimalt i Blàzquez, 1989).

Amb aquest marjament s'evita la formació de correntia, encara que les terrasses es complementen amb mecanismes d'enginyeria hidràulica per no ser destruïts en el cas de pluges intenses. En el cas de pluges ordinàries, la xarxa regulada per l'home sembla ser efectiva però en el cas de precipitacions d'intensitat superior a la normal el sistema resulta poc efectiu. Així les coses, a aquest fet cal afegir-hi l'abandonament progressiu dels conreus al llarg dels darrers 30 anys, i per tant, una pèrdua del manteniment d'aquests sistemes que dona lloc a forts processos erosius relacionats amb episodis plujosos que inicialment semblaven no tenir cap perillositat (Grimalt, 2013).

A Sóller s'observa un abandonament de les zones marjades situades a alçades superiors a 200 metres (Rosselló, 1997), amb la corresponent manca de manteniment dels sistemes de retenció de correntia, tot plegat afegit a la manca de neteja de les àrees abandonades. Aquest procés pot donar lloc, en el cas de precipitacions intenses, al funcionament de les xarxes hidràuliques, després d'un llarg temps sense servei, amb una elevada càrrega sòlida d'efectes molt perillosos per l'ocupació humana de les zones més fàcilment inundables de la vall.

6.2.2 Descripció de la conca i caracterització morfològica.

El torrent Major neix de la unió de tres branques que són les del Coll, de Biniaraix i de Fornalutx, que provenen dels tres grans cims que envolten la conca sollerica, del Teix en el cas del torrent des Coll, de l'Ofre pel que fa al de Biniaraix i del Puig Major el torrent de Fornalutx.

Existeixen ademés altres cursos menors que aboquen les seves aigües a diferents punts del recorregut dels torrents abans esmentats. El torrent de s'Arrom aporta aigua al torrent des Coll, el de Ca'n Creueta aboca al de Biniaraix mentre que el de Fornalutx reb aigua del torrent de sa Cabana entre d'altres.

És però el torrent Major el que té les aportacions principals ja que li arriben aigües dels torrents dels cinc Ponts i de Ca n'Ái a la seva part occidental mentre que a la zona oriental apareixen els torrents de's Jaiot i de sa Roca Roja.

El llit del torrent Major és un gran canal de desguàs artificialitzat per donar sortida ràpidament al cabal de les aigües i evitar així el seu embassament al fons de la vall. Per aquest motiu, el llit del torrent

corre entre murs i està aixecat respecte a les zones que l'envolten, la qual cosa implica eventuais sortides de cabals fora del jaç.

L'anomalia topogràfica del torrent Major pot dificultar la confluència dels torrents tributaris en moments de plena, quan els afluents no poden desguassar en el canal principal i han d'escampar els seus cabals pels voltants, com ha succeït en diferents ocasions a la zona de l'Horta (octubre de 1885, octubre de 1959, octubre de 1978, octubre de 1994).

Un altre factor de risc es troba a la sortida del torrent Major cap a la mar, que es fa per una plana al·luvial, el camp de sa Mar, on l'aigua pot escampar-se en ventall, afectant a les construccions situades a primera línia i que dificulten l'evacuació de les revingudes.

Cal també destacar la presència de morfologies deposicionals en forma de cons al·luvials que apareixen a la part baixa de la vall, com passa amb el torrent dels Cinc Ponts a la zona de son Angelats o amb el torrentó de Ca'n Creueta a la seva entrada dins l'entramat urbà de Sóller.

Pel que fa als valors del risc d'inundació, aquests oscil·len entre 2 (Gelabert, 2002) i 4 (CAIB, 2005) considerant l'INUNBAL que el risc per desbordament per a vides i béns és molt alt.

Destaca sobretot la capa d'inundació que s'inicia a la zona de l'Horta, a la sortida del entramat urbà de Sóller i que s'extén fins a la zona de la desembocadura, a la platja de'n Repic (Figura 6.6).

La conca del torrent Major forma part de la xarxa d'aforaments de la Direcció General de Recursos Hídrics amb un total de sis estacions. Dues d'elles, la B011 i la B016 estan dotades d'un limnígraf mentre que les altres tenen com a sistema de mesura l'escala. Dues estacions, la B056 Font de s'Olla i B057 LLadonera, es troben a la

boca de fonts i, en conseqüència, porten cabal de cap a cap d'any. El conjunt fou creat amb l'objectiu de mesurar aportacions amb la idea de fer embassaments d'aigua per al consum agrari i humà. La manca de manteniment provoca que les sèries de dades no siguin continues en el temps. De fet, les estacions amb escala B054 Fornalutx i B055 Biniaraix han estat destruïdes diverses vegades per obres al torrent o als seus voltants i la seva reconstrucció ha presentat no pocs problemes. De fet, la manca de seccions i la seva situació a punts poc adients de mesura suposa que les dades no siguin gaire representatives. Un altre cas és el limnigraf de l'aforament B011 L'Ofre, objecte sovint d'actes vandàlics per la seva localització al Barranc de Biniaraix.

El cabal mitjà de l'estació del torrent Major és de $12,66 \text{ hm}^3/\text{any}$ però els valors mesurats no inclouen episodis torrencials ja que, en el cas de revingudes destacades, l'estació deixa de funcionar al ser superada per les aigües.

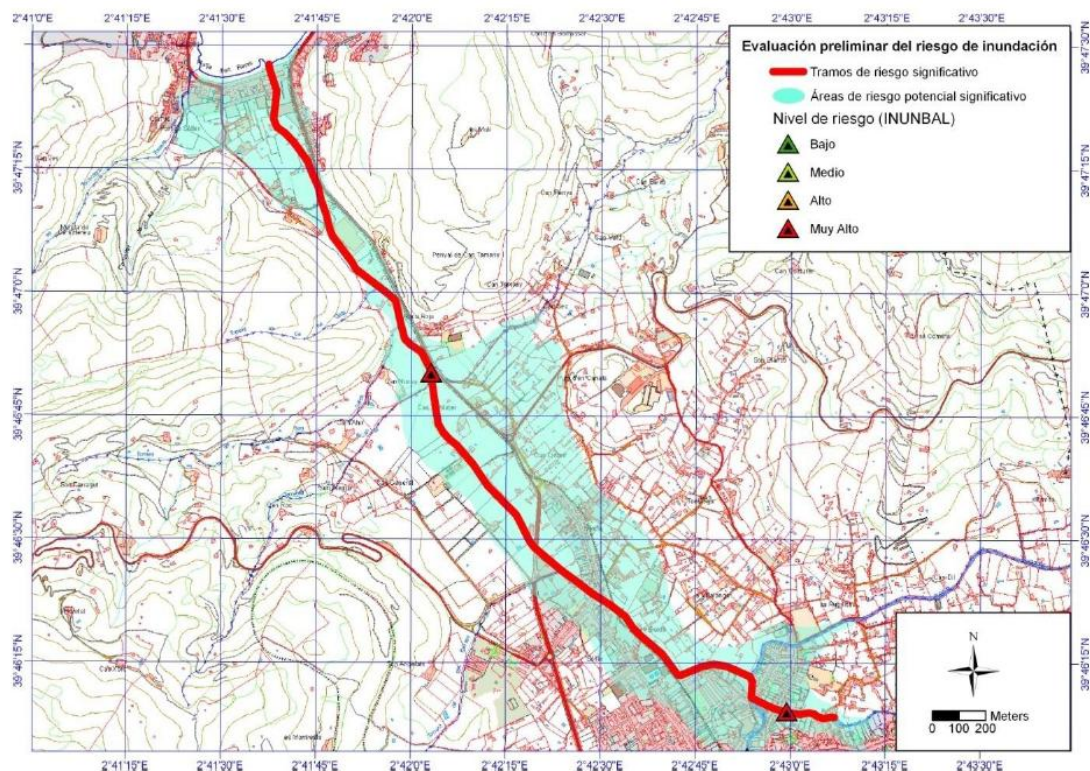


Figura 6.6 Àrees de risc d'inundació a la part baixa de la conca. Font: Direcció General de Recursos Hídrics (2009).

Com en el cas de Pollença, la caracterització morfomètrica de la conca de Sóller s'ha establert emprant la topografia dels mapes 1:25000 de l'*Institut Geogràfic Nacional* (IGN) de 1985, juntament amb el treball de camp i l'ús de la fotografia aèria.

La informació que sobre la xarxa superficial apareix a la cartografia és insuficient i per tant, es fa necessari realitzar una nova mapificació emprant el mètode de les inflexions de les corbes de nivell, ja utilitzat a altres estudis de conques insulars.

Aplicant les mateixes variables que a l'altra conca d'estudi, s'assoleixen els resultats que apareixen a la taula següent:

CONCA	Hm	Hcm p	Lcp	Lr	Pcp	O	N1	N2	N3	N4	N5	Nt
Major	1401	1180	10,6	18,2	0,11	5	75	22	7	2	1	107

	Rb1- 2	Rb2- 3	Rb3- 4	Rb4- 5	L1	L2	L3	L4	L5	Lt	A	P
Major	3,4	3,1	3,5	2	48,3	27,5	15,6	3,5	3	97,9	49,3	32,8

Taula 6.2 Variables morfomètriques del torrent Major. Font: elaboració pròpia.

Els resultats mostren una xarxa de drenatge superficial que assoleix l'ordre 5 pel que fa a la classificació dels seus canals. Té una longitud total de 97,9 km de xarxa amb una superfície de 49,3 km².

El valor de bifurcació en cap cas arriben a 4. La Rb mitjana és 3 per la qual cosa el potencial torrencial, com en el cas de Pollença, és relativament baix.

S'han aplicat també els índexs anteriorment esmentats per a acabar de caracteritzar la conca del torrent Major de Sóller.

La raó de circularitat assoleix un valor de 0,57, superior a la conca pollencina però que tampoc s'apropa a 1, xifra que indicaria una forma circular. Es tracta doncs d'una conca poc arrodonida, de baixa circularitat.

La densitat de drenatge és de 1,98. Cada km² de la superfície del torrent Major conté 1,98 km de xarxa, un valor moderat que indica una eficiència baixa.

El coeficient de torrencialitat és 1,52, el que suposa que el potencial torrencial és baix, que la conca té una elevada cobertura vegetal i que el recorregut dels afluents d'ordre 1 no és molt curt, i per això mateix, retarda l'arribada de l'aigua als canals principals.

El temps de concentració és de 2,74 hores, inferior al del torrent de Sant Jordi. Aquest valor correlaciona bé amb la forma més arrodonida de la conca sollerica ja que el recorregut de l'aigua des de la capçalera fins a la desembocadura és més ràpid.

El torrent Major i els seus tributaris dibuixen una xarxa que s'ajusta a un model radial amb branques afluents molt semblants encara que tant el torrent de Fornalutx com el des Coll mostren un major grau de desenvolupament.

6.2.3 Inundacions històriques i contemporànies.

Dins les anàlisis publicades sobre àrees amb risc d'inundació a Mallorca, la vall de Sóller constitueix un dels indrets on la documentació assenyalava una màxima incidència de les revingudes (Grimalt, 1991).

La recurrència d'aquests fenòmens al llarg de la història ha provocat un interès a causa, sobretot, dels problemes que s'ocasionen a l'ocupació humana del territori, factor aquest que es fa més intens per ser un dels pocs espais plans de la serra de Tramuntana i, per tant, molt aprofitable per les activitats agrícoles.

Existeix una producció bibliogràfica relativament àmplia que esmenta puntualment les inundacions a la zona d'estudi. L'obra més important en aquest sentit és la de mossen Rullan i Mir (1875), *Historia de Sóller y Fornalutx*, on apareix informació sobre diferents episodis. Destaquen les revingudes del 1640, que provocaren danys per valor de 20000 lliures mallorquines, del 1641 que destruïren el camí del port, del 1734 on s'anegà l'horta, la del 1736 on es va desbordar el torrent de Fornalutx, la del 1750, data en la qual les aigües enfonsaren el pont de'n Valls tallant la comunicació amb Palma, o la de l'any 1806 quan es va anegar l'Alqueria des Comte i també s'assenyalen els danys causats l'any 1856.

Data	Font
1640	Rullan (1885)
1641	Rullan (1885)
30/IX/1718	Bover (1856)
30/X/1718	Rullan (1875/ 1885)
11/XI/1718	Rullan (1885)
24/IV/1734	Rullan (1885)
2/X/1736	Rullan (1885)
IX/1750	Rullan (1885)
1806	Rullan (1885)
1832	Bover (1856)
11/III/1832	Rullan (1885)
20/X/1856	Rullan (1885)
15/X/1885	Rullan (1885)

Taula 6.3 Inundacions històriques a la conca de Sóller. Font: elaboració pròpia.

Cal esmentar apart la referència als esdeveniments de l'any 1885, recollits per Rullan a *Inundación de Sóller y Fornalutx* (1885). El fenomen va tenir lloc entre el 14 i 15 d'octubre i els danys foren molt elevats, amb gran nombre de molins, ponts, camins i cases destruïts, l'Horta anegada i molta gent rescatada mitjançant barques. Segons dades personals de l'autor, la precipitació assolí uns 420 mm.

Una altra font històrica és l'obra de Bover (1856) *Historia de la impugnación de Sóller por el ejercito de Occhiali, capitán pachá de Tunez y victoria de los vecinos de aquella villa en 11 de mayo y Cronicón de la villa de Sóller*. A part de referir-se també a algunes de les revingudes esmentades per Rullan, Bover es fixa en fets que tingueren lloc el 1718 i també el 1832 quan l' Horta quedà anegada amb més de quatre pams d'aigua.

En el segle XX les dades de les revingudes que afecten a la vall passen a ser trobades a articles de la premsa local. Així es coneixen dades de fenòmens torrencials que afectaren la vall, destacant les inundacions de l'any 1918, 1924, 1925, 1928 i 1937 a la primera meitat de segle.

Ja a la segona meitat trobem notícies de revingudes a l'any 1955, el 1958 i, sobretot, la inundació del 21 d'octubre de 1959 quan varen ploure fins a 545 mm en 48 hores. El torrent Major va vessar a l'Horta i va anegar el Camp de sa Mar, afectant gran nombre d'establiments turístics de la primera línia.

Més properes temporalment, però sense arribar a les intensitats assolides en segles anteriors, són les inundacions dels anys 1972 (31 de desembre) , quan el torrent Major vessà en el seu tram baix anegant l'Horta i produint danys valorats en 8 milions de pessetes, 1973 (1 d'octubre), quan la revinguda afectà al torrent de sa Figuera, concretament a la seva desembocadura en el Port de Sóller i 1974 (29 de març), quan de bell nou s'inundà la zona de l'Horta i es tallà la

carretera del Port essent necessari evacuar amb barques als habitants de les cases de l'àrea anegada. Les pèrdues es comptabilitzaren en 45 milions de pessetes.

A les acaballes del segle XX cal parlar de dos casos més com són els del desembre de 1980 i de l'octubre de 1994, encara que aquesta darrera molt localitzada a l'àrea del Port i del Camp de sa Mar.

Dins el segle XXI els vessaments dels torrents de la vall de Sóller han estat molt puntuals i han afectat, sobretot, el tram baix del torrent Major, a la zona propera a la seva desembocadura. També s'han produït sortides del jaç a petits torrents com el dels Norais, a la platja de'n Repic o al torrent de son Sales, provocant la inundació bàsicament d'espais de conreu.

7. LES PRECIPITACIONS TORRENCIALS

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

7.1 GENERALITATS

Les pluges intenses o torrencials són quelcom inherent a la zona mediterrània de la Península Ibèrica (Font Tullot, 1983). Elevades quantitats d'aigua precipitades en un curt espai de temps tenen com a resultat uns impactes sobre el medi físic i el medi econòmic-humà que estan molt lligats (Pérez Cueva, 1983) i que han provocat que l'estudi d'aquestes precipitacions sigui objecte de molts treballs científics.

Aquesta recerca ha trobat diferents obstacles, essent un d'ells la pròpia definició de pluja torrencial. Segons l'Agència Espanyola de Meteorologia (AEMET), per pluja torrencial s'enten aquella precipitació igual o superior a 60 mm en una hora (Taula 7.1). Aquest lapse de temps origina un nou obstacle, la manca de dades horaries a les estacions pluviomètriques existents al nostre territori, sobretot quan més lluny en el temps ens feim.

Per això s'ha emprat tradicionalment el període de 24 hores com unitat de temps per a la mesura de la precipitació i aquí sorgeix un tercer entrabanc. Quina precipitació caiguda en 24 hores pot considerar-se torrencial? Per alguns autors (Ramis et al, 2001; Santos, 1991) el llindar són els 200 mm en 24 hores. Altres autors defensen els 100 mm caiguts en 24 hores com a definidors de pluja torrencial (Martin Vide, 1987; Martin Vide i Llasat, 2000; Romero i Ramis, 2002) i fins i tot hi han aportacions que parlen del llindar dels 50 mm per a definir dies torrencials (Romero et al, 1999).

Intensidad de lluvia	Acumulación en 1h
DEBIL	menos de 2 mm
MODERADA	entre 2.1 y 15 mm
FUERTE	entre 15.1 y 30 mm
MUY FUERTE	entre 30.1 y 60 mm
TORRENCIAL	más de 60 mm

Taula 7.1. Tipus de pluja segons l'acumulació mm/hora. Font: AEMET.

Els diferents estudis desenvolupats a Mallorca parlen de pluges superiors a 100 mm/24 hores (Grimalt et al, 2001; Grimalt et al, 2006; Grimalt i Genovart, 2014) i aquest és el llindar triat en el nostre cas ja que no existeix a hores d'ara una xarxa prou extensa d'estacions que recollen dades horàries de precipitació. Malgrat l'AEMET parli de més de 60 mm en una hora per definir una pluja torrencial considerem com a torrencial o intensa aquella que supera els 100 mm en una jornada, no obstant reconeguent que les pluges a la vessant mediterrània tenen intensitats horàries molt altes (Grimalt et al, 2001), de manera que els totals diaris poden no mostrar la realitat del repartiment de la precipitació dins del període escollit.

Mallorca es veu afectada per precipitacions d'especial violència, amb grans quantitats d'aigua caigudes en períodes relativament curts de temps (Grimalt, 1989c). Aquests episodis tenen greus conseqüències en forma d'inundacions, eslleissades i erosió del sòl i són quelcom recurrent al llarg de la història pluviomètrica de l'illa (Grimalt, 1992).

Aquestes pluges tenen una distribució territorial que abasta el conjunt de Mallorca, encara que la zona amb una major probabilitat de ser afectada per precipitacions torrencials és la serra de Tramuntana, amb dos nuclis de màxima intensitat, un a la part sud de la serralada i l'altra centrat entorn del Puig Major i que abasta municipis com Sóller, Fornalutx, Escorca i Pollença. Un altre sector destaca està situat a la part oriental de l'illa, seguint els relleus de la serra de Llevant, sobretot a la zona nord.

Dintre dels factors que influeixen en aquesta distribució territorial hi ha el relleu i la convergència de l'embat al centre de Mallorca. La proximitat a la costa, que influeix pel que fa als valors mitjans de precipitació, més baixos

que a zones de major alçada, no és un factor inhibidor pel que fa a pluges de valors extrems (Grimalt, 1989c).

La distribució espacial queda definida a Mallorca per 11 models, identificats per un sistema d'agrupació tipus cluster (Grimalt et al, 2006). D'aquests 11 models 5 es corresponen amb pluges que afecten les àrees objecte d'estudi en aquest treball:

- Model 5, precipitacions generalitzades a la serra de Tramuntana. Hi ha un màxim destacat que abraça una part considerable de la serra amb un marcat gradient de disminució de les quantitats en direcció SudEst.

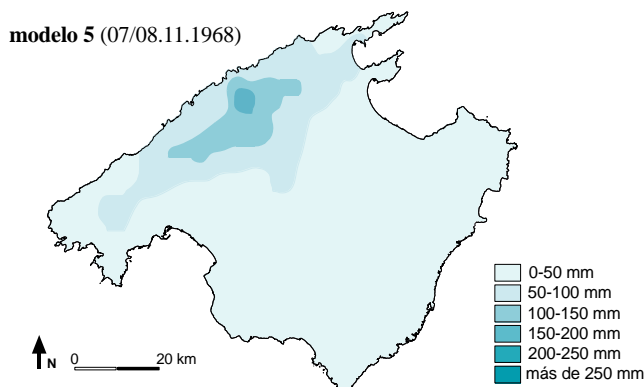
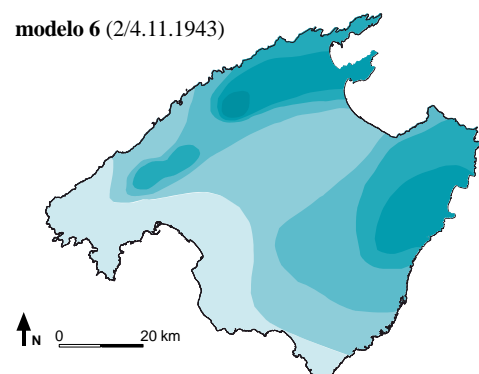


Figura 7.1. Model de distribució de pluja número 5. Font: Grimalt et al (2006).

- Model 6, nucli principal de precipitació a la serra de Tramuntana amb un màxim secundari a les serres de Llevant. Apareix un nucli principal de pluja a la part central de la Tramuntana i un nucli més petit a la zona del Llevant.

Figura 7.2 Model de distribució de pluja número 6. Font: Grimalt et



al (2006).

- Model 7, doble nucli de màxima intensitat a l'extrem meridional de Mallorca i a la serra de Tramuntana. S'identifiquen dos punts de pluja intensa, una a la part central i més elevada de la serra de Tramuntana i l'altra a la part sud-oriental de Mallorca.

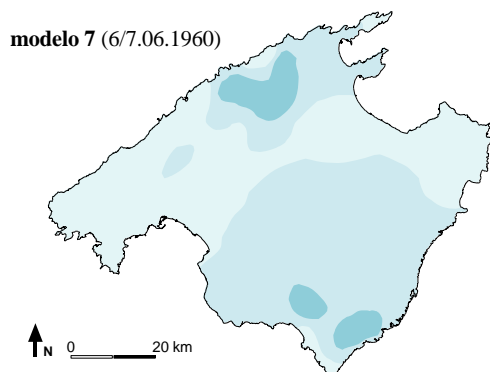


Figura 7.3. Model de distribució de pluja número 7. Font: Grimalt et al (2006).

- Model 8, nucli aïllat de precipitació a la part central de la serra de Tramuntana. Un únic punt de pluges torrencials se localitza a l'entorn dels principals relleus de Mallorca. Com a fet curiós, a la resta de l'illa les precipitacions són reduïdes o inexistent.

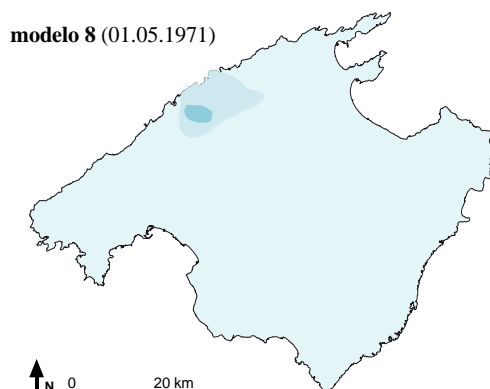


Figura 7.4 Model de distribució de pluja 8. Font: Grimalt et al (2006).

- Model 9, precipitacions restringides a l'extrem Nord de Mallorca. La zona de major pluja queda situada a l'extrem nord de la serra de Tramuntana, a la zona de la vessant de Pollença.

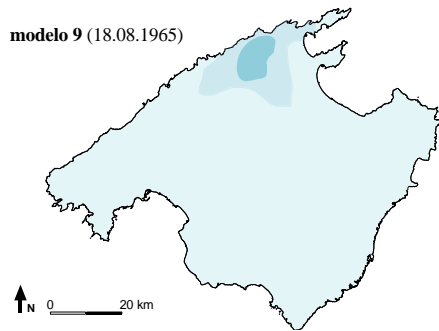


Figura 7.5 Model de distribució de pluja 9. Font: Grimalt et al (2006).

La distribució d'aquests models al llarg de l'any mostra com la majoria dels esdeveniments dels grups 8 i 9 tenen lloc a la tardor encara que en el cas del model 8 la segona estació on més episodis hi ha és l'hivern mentre que en el model 9 el segon màxim es dona a la primavera. En el model 5 els màxims es concentren a l'hivern seguit per la tardor mentre que en el grup 6 gairebé un 50% dels casos són a la tardor. El mateix passa amb el model 7, que presenta un 50% d'episodis a la tardor però un 25% a la primavera. En tots els casos, l'època amb menor nombre d'esdeveniments torrencials és l'estiu.

7.2 LA CONCA DE SÓLLER

A la vessant de Sóller existeix una llarga tradició en l'observació del clima que se pot remontar al segle XIX, amb les dades recollides per Mossen Rullan i Mir a la segona meitat d'aquest segle. També apareixen informacions sobre temperatures i precipitacions a les planes del Setmanari Sóller des dels seus inicis a l'any 1885.

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Pel que respecte a estacions oficials, de l'actual AEMET, la cobertura temporal s'inicia en els anys 50 del segle passat malgrat hi hagi fonts (Barceló, 2009) que parlen de l'existència d'una xarxa d'estacions a principis del segle XX, de les que no es disposa de cap tipus de dades. Des de 1950 fins l'any 2000 un total de 14 estacions arrepleguen dades diàries, malgrat no totes abasten el període analitzat (Taula 7.2).

La cobertura espacial es mostra com a acceptable encara que dues zones, la nord i la sud-oest queden fora de l'abast de les estacions (Figura 7.6). Malgrat tot, les tres grans zones de la vessant de Sóller, marítima, fons de la vall i muntanya, queden ben representades territorialment. La qualitat de les dades és bona, malgrat hom ha apreciat errades (Grimalt, 1992) a nivell diari, com per exemple que pluges d'una jornada apareixen repartides en dues, i existeixen llacunes de tipus mensual i fins i tot anual, que solen ser més extenses quan més ens apropem al final de la vida útil de l'estació.

Codi AEMET	Nom	UTM X	UTM Y	Any inici observacions	Any final observacions
B046	Bàltx d'Avall	477.9	4407.3	1957	1987
B049	Bàltx d'Amunt	476.7	4406.1	1958	1972
B051	Far Sa Creu	473.5	4405.5	1950	1985
B054	Es Marroig	478.8	4403.7	1982	2000
B055	Monnàber	480.2	4405.1	1957	1988
B056	Binibassí	477.2	4403.2	1968	2000
B057	Binirrossí	477.5	4403.9	1979	1998
B058	Biniaraix	477.4	4402.5	1979	2000
B059	Can Bartola	473.1	4398.4	1957	1980
B061	Sóller	475.8	4402.0	1950	2000

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

B061A	Sóller II	475.9	4402.0	1969	2000
B062	Sa Vinyassa	477.9	4402.2	1985	2000
B069	Can Roc	474.7	4403.8	1968	1987
B075	Far P. Grossa	472.8	4405.5	1950	2000

Taula 7.2. Estacions meteorològiques a la vessant de Sóller. Font: AEMET.

En general però, el conjunt d'informacions recollides pels observatoris de l'antic INM permet fer una caracterització correcta del repartiment de les pluges torrencials als municipis de Sóller i Fornalutx.

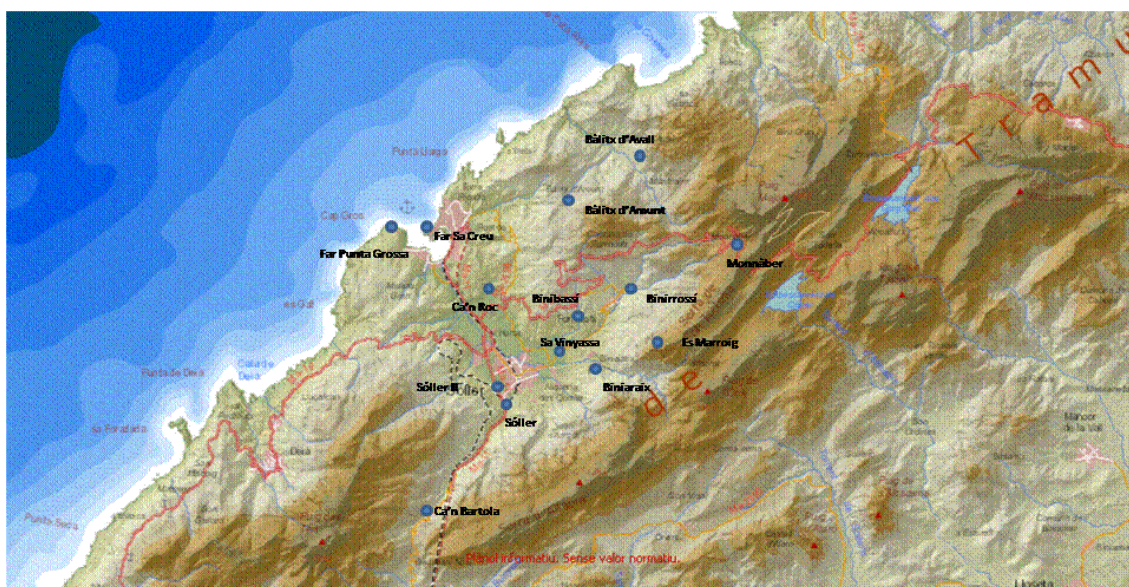


Figura 7.6. Localització de les estacions a la vessant de Sóller. Font: elaboració pròpia a partir de dades d'AEMET i IDEIB.

El tractament de les dades diàries de cada estació ens ha permès destriar 82 episodis amb quantitats superiors als 100 mm en 24 hores (veure la llista a l'annex III).

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

L'anàlisi d'aquests episodis permet arribar a una descripció de les pluges torrencials a la vall de Sóller a partir dels següents apartats:

1-El repartiment estacional. S'han distribuït els 82 esdeveniments per mesos i estacions, i després per decennis.

La distribució de les pluges torrencials a tot el període d'observacions mostra una concentració a la tardor molt clara, amb 15 casos el novembre i 15 l'octubre (Taula 7.3). Així mateix, el desembre té també 12 episodis i el gener i el març en tenen 7 cadascún.

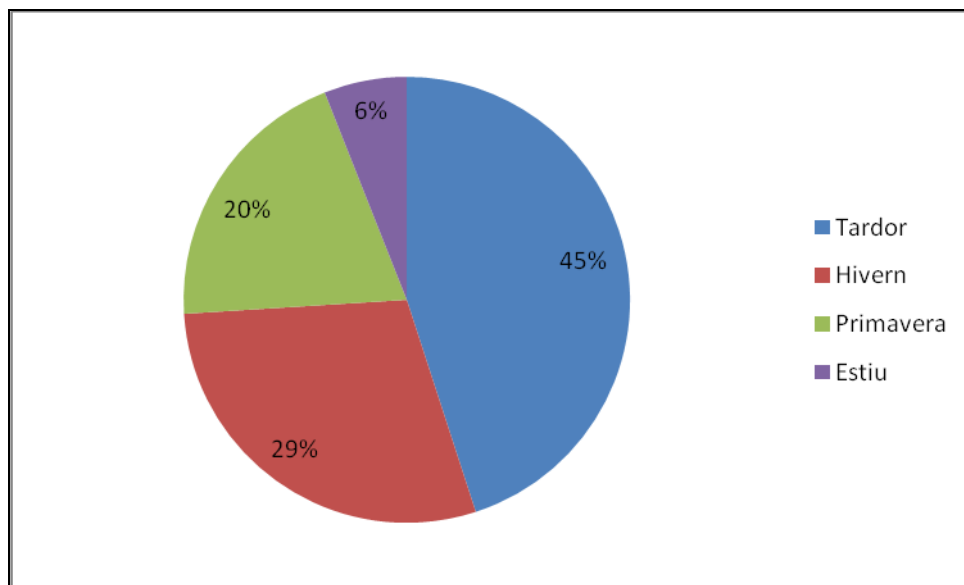
Com es suposava, si ens referim a percentatges, la tardor suposa el 45% dels casos (37), l'hivern el 29% (24), la primavera el 20% (17) i l'estiu només el 6%, amb 5 episodis torrencials (Gràfica 7.1).

Mes	Nombre esdeveniments
Gener	7
Febrer	5
Març	7
Abril	6
Maig	4
Juny	2
Juliol	2
Agost	1
Setembre	7
Octubre	15
Novembre	15
Desembre	12

Taula 7.3. Repartiment mensual dels esdeveniments plujosos. Font: elaboració pròpia.

Per a comprovar si aquesta distribució es mantenia a nivell decennal es dividiren els 82 esdeveniments entre els 5 decennis del període d'estudi (Taula 7.4).

A primera vista sembla que es manté la tendència mostrada anteriorment però dues dècades mostren diferències destacables, la 1961-70 i la 1971-80.



Gràfica 7.1. Percentatge de repartiment estacional dels casos. Font: elaboració pròpia.

A la primera la majoria de casos tenen lloc a la primavera (6) i la tardor i l'hivern en tenen 3 cadascún. La dècada de 1971-1980 té una majoria d'episodis torrencials a l'hivern, 12 dies. La tardor presenta 7 jornades per damunt dels 100 mm en 24 hores, un 28% del total front al 48% de l'hivern

o el 20% de la primavera, que amb 5 episodis gairebé iguala el decenni anterior (veure Gràfica 7.2).

Pel que fa als altres tres decennis, el domini de les jornades plujoses a la tardor és molt clar, el 64% dels casos a la dècada 1951-60, un 53% a la dècada dels 80 i un 60% a la dels anys 90.

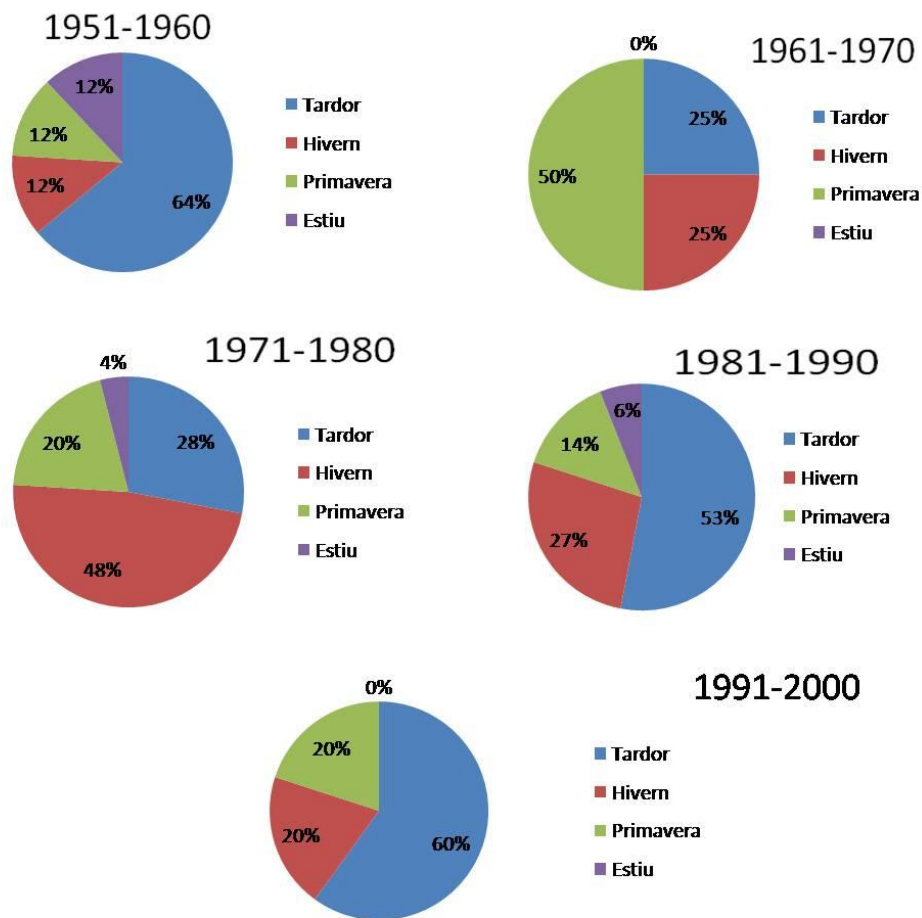
Mes/Dècada	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000
Gener	0	1	3	1	1
Febrer	0	1	3	1	0
Març	2	1	4	0	0
Abril	1	3	0	2	0
Maig	0	2	1	0	1
Juny	2	0	0	0	0
Juliol	1	0	0	1	0
Agost	0	0	1	0	0
Setembre	1	1	2	2	1
Octubre	8	1	4	0	2
Novembre	7	1	1	6	0
Desembre	3	1	6	2	0

Taula 7.4. Repartiment mensual per dècades. Font: elaboració pròpia.

2- El nombre de casos i la seva evolució. El repartiment de les jornades en els 5 decennis que abasta l'estudi, mostra com el nombre d'esdeveniments torrencials presenta una tendència minvant quan més ens acostem al segle XXI.

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

A la taula 7.5 podem veure el nombre de casos per dècada. Si durant els anys 50 foren 25 els dies amb pluges superiors als 100 mm, a la dècada següent foren només 12. En els anys 70 s'assoleix de bell nou la xifra de 25 jornades torrencials però a partir de 1981 el declivi és constant i a la dècada dels 80 només s'arriba als 15 casos i en els anys 90 són 5 els esdeveniments plujosos registrats.



Gràfica 7.2. Percentatge del repartiment estacional dels casos per dècades.
Font: elaboració pròpia.

Sembla clara la relació entre dècades plujoses, com foren els anys 50 i 70, i els esdeveniments torrencials, i al contrari, hi ha una disminució de casos a decennis secs com els anys 60 o 80.

Dècada	Episodis
1951-1960	25
1961-1970	12
1971-1980	25
1981-1990	15
1991-2000	5

Taula 7.5. Repartiment dels episodis per dècades. Font: elaboració pròpia.

3- La duració dels episodis. Com assenyalen Martín Vide i Llasat (2000, 18), "les seqüències de dies plujosos consecutius són, en general, breus, més encara les de dies amb quantitats destacades". En el cas de la vall de Sóller, podem apreciar com el nombre de jornades seguides amb pluges superiors als 100 mm són, com a màxim, de 3 dies de durada. Aquest fet, emperò, tan sols es dona en dues ocasions a llarg dels 50 anys estudiats, i les dues vegades succeeixen a finals de la dècada dels 50, concretament els dies 7,8 i 9 d'octubre de 1958 i 20, 21 i 22 d'octubre de 1959. Destaca aquest darrer episodi quan la inundació de l'Horta i el Camp de sa mar provocà greus danys materials i l'evacuació en barca de moltes persones.

Més habituals, fins a 12 ocasions, són els esdeveniments de dos dies de durada (Taula 7.6). Destaquen els anys 70, quan es repetirà fins a 6 vegades, ocasionant també inundacions destacades el 1974 i el 1978. A la dècada dels 60 només en una ocasió trobem un episodi de dos dies i en els anys 80 en trobem dos. Com a curiositat, als darrers 10 anys del segle XX no tenim cap esdeveniment torrencial que superi les 24 hores de duració.

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Si observem el repartiment estacional d'aquestes tandes de pluja, trobem que les més llargues, de 3 dies, apareixen a la tardor, concretament a l'octubre. Les tandes de dos dies mostren un repartiment més irregular, destacant de bell nou els mesos d'octubre i desembre amb 3 casos i el setembre amb 2.

Dècada	Episodis de dos dies	Episodis de tres dies
1951-1960	7 i 8-10-1957 7 i 8-06-1959 8 i 9-12-1960	7,8 i 9-10-1958 20,21 i 22-10-1959
1961-1970	14 i 15-05-1966	
1971-1980	25 i 26-09-1971 1 i 2-10-1973 29 i 30-03-1974 18 i 19-10-1978 21 i 22-12-1979 27 i 28-12-1980	
1981-1990	15 i 16-11-1985 28 i 29-09-1986	

Taula 7.6. Jornades de precipitacions torrencials consecutives. Font: elaboració pròpia.

4- El repartiment territorial. La dissimetria costa-interior en el repartiment de les pluges és quelcom ja assenyalat per Grimalt (1992) i que queda prou clar analitzant les mitjanes anuals de les estacions. Segons Jansà (1998), la mitjana anual a Sóller és de 880 mm mentre que al port la mitjana és només de 523,4 mm (Far Punta Grossa) i a Monnàber, una estació de muntanya, s'assoleixen els 1148 mm anuals.

En el cas de les pluges torrencials, la distribució espacial segueix la mateixa tendència. Dels 82 registres superiors als 100 mm en 24 hores, només són 6 els casos en que la major quantitat de pluja es recollida al port de Sóller, i tots 6 tenen lloc en els anys 50, destacant els 204,0 mm de dia 7-10-1958, l'única vegada en que a la costa se superen els 200 mm en 24 hores en la segona meitat del segle XX.

Des de 1961 fins el 2000 només en una ocasió una estació costanera, el Far Punta Grossa, ha recollit més de 100 mm/24 hores, concretament el 1-10-1973, quan foren 117,8 mm precipitats. El màxim registrat aquest mateix dia a la vall foren 200,5 mm a Binibassí, una estació situada a la vessant del Puig Major.

5- La contribució als totals anuals i/o mensuals. Les quantitats precipitades en 24 hores contribueixen poderosament a l'increment del total mensual i/o anual de les estacions pluviomètriques. S'han destriat alguns exemples que apareixen a la taula 7.7.

Pel que fa als totals mensuals, la contribució suposa entorn del 50%, el que passa en 8 dels 10 casos. Val a destacar una aportació de fins el 98% del total mensual en 24 hores (Binirrossí, 21-12-1979) mentre que el mínim (un 44%) el trobem a Monnàber el dia 22-10-1959. La mitjana d'aportació d'una jornada plujosa respecte al total mensual està entorn del 65%, un valor prou destacat

Respecte als totals anuals, l'aportació d'una sola jornada de pluges oscil·la entre l'11% i el 26%, fet que mostra la importància que tenen aquestes precipitacions torrencials que poden suposar gairebé una cinquena part dels totals anuals precipitats.

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Estació	Data	Precipitació (mm)/24 hores	Total mensual i %	Tota anual i %
Far sa Creu	7-10-1958	204,0	398,6 (51%)	1018,0 (20%)
Sóller	21-10-1959	329,0	685,1 (48%)	1418,5 (23%)
Monnàber	22-10-1959	369,8	837,9 (44%)	1930,4 (19%)
Bàltx d'Avall	30-11-1967	211,1	278,9 (76%)	826,2 (26%)
Bàltx d'Avall	2-10-1973	260,0	296,0 (88%)	1432,6 (18%)
Binibassí	18-10-1978	215,0	354,4 (61%)	1098,3 (20%)
Sóller	1-03-1979	225,5	270,7 (83%)	1276,9 (18%)
Binirrossí	21-12-1979	304,0	310,7 (98%)	Sense dades
Sóller	25-01-1991	162,2	290,5 (56%)	1053,1 (15%)
Binibassí	14-10-1996	128,1	251,9 (51%)	1147,6 (11%)

Taula 7.7. Exemples de pluges torrencials i la seva contribució mensual i anual. Font: elaboració pròpia.

7.3 POLLENÇA

A la vessant pollencina es disposa de les dades diàries de 8 estacions de la xarxa de l'AEMET pel període 1950-2000 (Taula 7.8).

No hi ha informació de cap tipus de recull de dades previ als inicis dels anys 40 del segle passat quan es començaren a instal·lar estacions dintre la conca de Pollença.

Codi AEMET	Nom	UTM X	UTM Y	Any inici observacions	Any final observacions
B001	Formentor	518.2	4423.7	1945	actualitat
B007	Mortitx	493.5	4413.6	1958	actualitat
B733	Can Cap de Bou	506.9	4413.3	1965	actualitat
B739	Mortitxet	494.3	4413.3	1969	1993

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

B745	Can Serra	494.3	4413.3	1945/1994	1963/actualitat
B757	Ternelles	500.3	4415.9	1976	actualitat
B760	Pollença	501.6	4414.3	1947	actualitat
B780	Port Pollença	507.5	4418.0	1960	actualitat

Taula 7.8 Estacions meteorològiques a la vessant de Pollença. Font: AEMET.

A nivell temporal la cobertura no és completa ja que les dades presenten mancances a tots els nivells, des del diari fins l'anyal passant pel mensual, bé per el no funcionament de l'aparell de mesura bé per una aturada en la vida útil de l'estació. Apareixen també, com en el cas de Sóller, errades en la recollida de dades, que poden ser atribuïdes a l'observador en el momento de consignar les quantitats observades en un o en un altre dia. Malgrat tot, el conjunt d'observacions repartides entre totes les estacions pluviomètriques, permet analitzar les precipitacions torrencials en els 50 anys estudiats.

Pel que fa a la cobertura territorial (Figura 7.7) es pot considerar com a bona encara que no cobreixi tot l'espai de la conca de Pollença, sobretot a la part sud. Així i tot, les 8 estacions es reparteixen entre els tres espais en que se pot dividir l'àrea d'estudi, la muntanya amb tres estacions, la plana central amb 3 més i la zona costanera amb dos pluviòmetres.

Per l'anàlisi de les dades pluviomètriques s'ha seguit la mateixa estructura que en el cas de Sóller.

1-El repartiment estacional. Fins a 69 jornades amb pluges superiors a 100 mm s'han destriat de les dades diàries. En 8 ocasions el total ha arribat o superat el 200 mm precipitats.

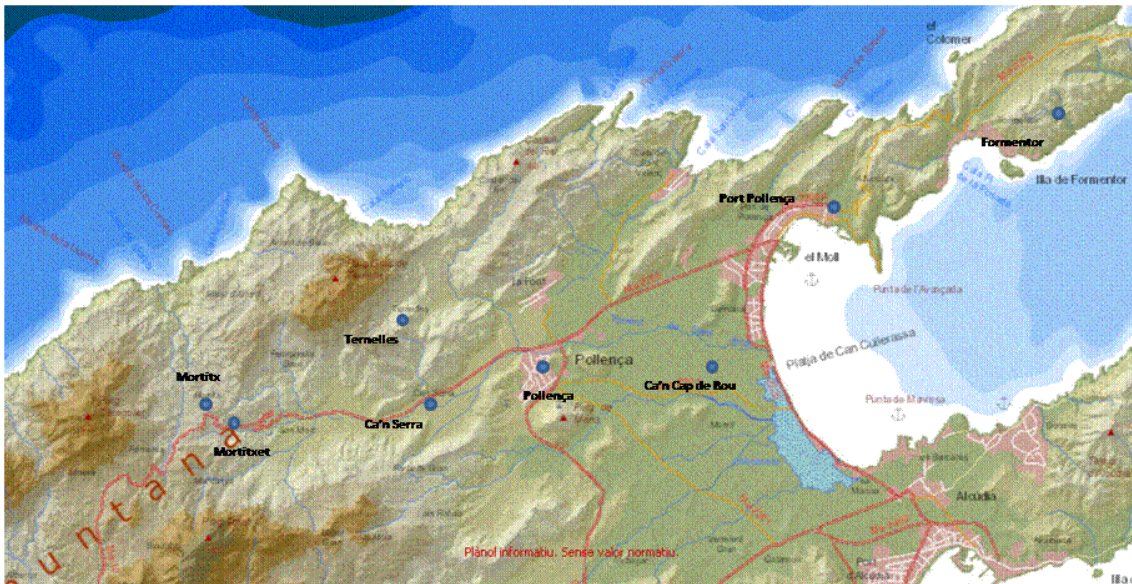


Figura 7.7 Localització de les estacions a la vessant de Pollença. Font: elaboració pròpia a partir de dades d'AEMET i IDEIB.

La distribució de les pluges torrencials segueix el patró que hi ha a la vall de Sóller, amb una concentració a la tardor molt clara (39 episodis), amb 20 casos el mes d'octubre i 12 el novembre (Taula 7.9). El setembre té 7 jornades i el següent mes més plujós és l'agost amb 6.

Mes	Nombre esdeveniments
Gener	5
Febrer	4
Març	3
Abril	4
Maig	1
Juny	2
Juliol	1
Agost	6
Setembre	7

Octubre	20
Novembre	12
Desembre	4

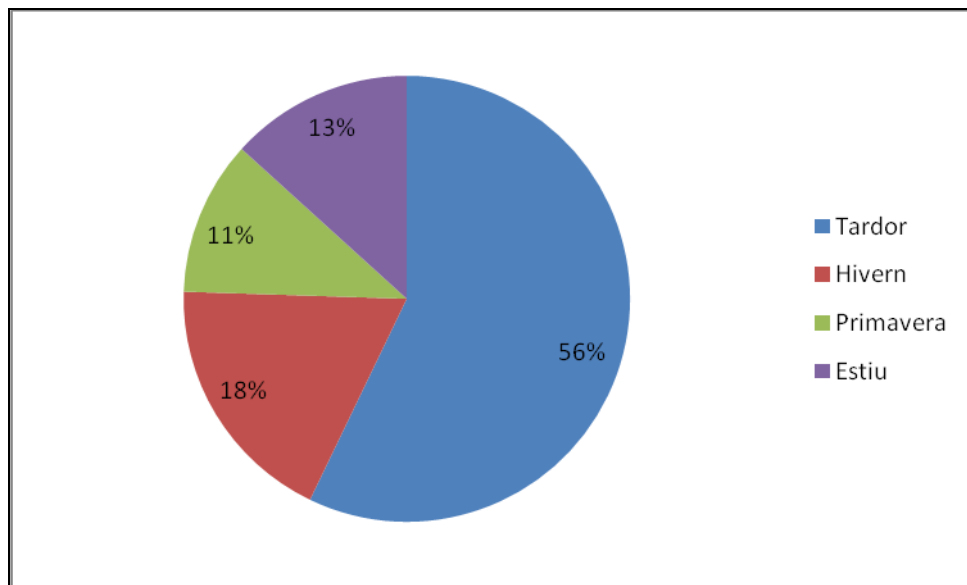
Taula 7.9 Repartiment mensual dels esdeveniments plujosos. Font: elaboració pròpia.

El pes de la tardor és molt destacat, assolint el 56% dels episodis. L'hivern, amb 13 casos suposa el 18% i cal destacar que l'estiu, amb un 13% té més episodis que no la primavera, que tan sols assoleix un 11% del total (Gràfica 7.3).

La distribució en decennis de les jornades plujoses mostra com la dècada més destacada és la dels 50, amb 25 esdeveniments, seguida pels anys 70 amb 19. Els darrers 20 anys del segle XX tenen 10 fets a cada decenni i és el dels anys 60, de 1961 fins 1970, el que presenta un menor nombre de dies de pluja torrencial amb només 5.

El repartiment mensual dels dies (Taula 7.10) mostra el domini de les jornades a la tardor, sobretot entre 1951 i 1960 i entre 1971-1980. Només en els anys 60 plou més dies de forma torrencial a l'hivern i a la primavera, 2 cadascún, que no a la tardor (1 cas).

Com a curiositat cal esmentar que l'estiu és lleugerament més procliu a dies amb precipitacions elevades que no la primavera. Només en els anys 60 no apareix cap jornada en els tres mesos d'estiu i dues a la primavera. Però en el decenni anterior hi han 5 episodis a l'estiu per tres a la primavera i entre 1971 i 1980 hi ha un episodi estiuenc per cap de primaverall. A les dues darreres dècades hi ha un empat en el número de jornades.



Gràfica 7.3 Percentatge de repartiment estacional dels casos. Font: elaboració pròpia.

Percentualment, la tardor és l'estació amb major pes a quatre de les cinc dècades, amb un valor màxim del 60% entre 1991-2000 i del 63% en els anys 70. Només en la dècada dels 60 queda per darrera de l'hivern i de la primavera amb un 20% dels casos pel 40% de les dues altres estacions.

Hivern i primavera segueixen per darrera amb valors entre el 12 i el 40% mentre que l'estiu sols té un pes destacable en els 50 amb un 20% del total d'episodis torrencials.

Mes/Dècada	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000
Gener	1	1	2	0	1
Febrer	0	0	4	0	0
Març	1	1	0	1	0
Abril	2	0	0	1	1
Maig	0	1	0	0	0
Juny	2	0	0	0	0
Juliol	0	0	1	0	0

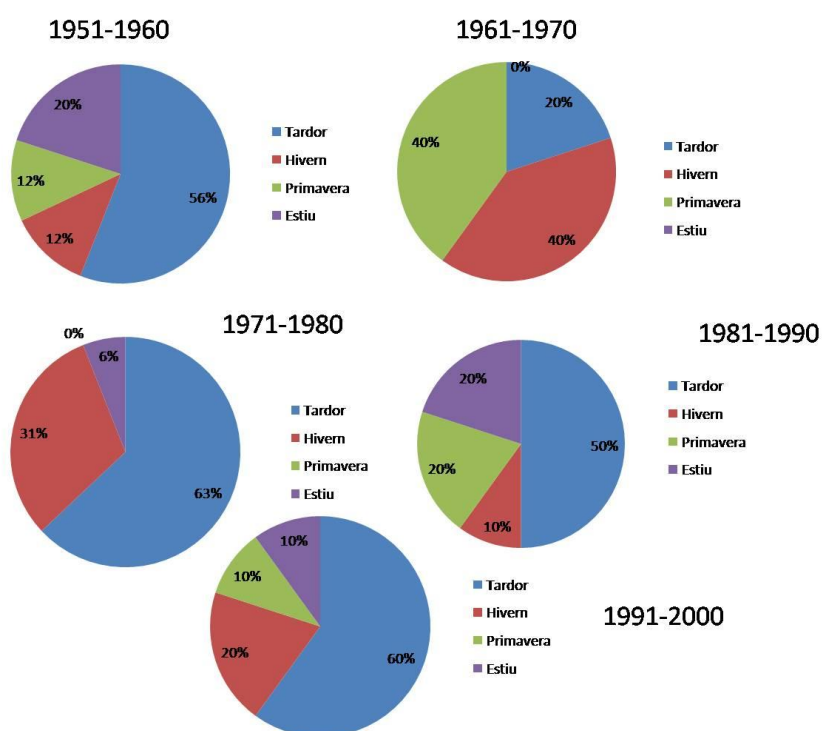
Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Agost	3	0	0	2	1
Setembre	0	1	2	2	2
Octubre	10	0	4	2	4
Novembre	4	0	6	1	1
Desembre	2	1	0	1	0

Taula 7.10 Repartiment mensual per dècades. Font: elaboració pròpia.

2- El nombre de casos i la seva evolució. Com en el cas de Sóller, el nombre d'esdeveniments torrencials presenta una tendència minvant quan més ens acostem al segle XXI malgrat en els darrers 20 anys hi ha un mateix número d'episodis a cada dècada.

A la taula 7.11 podem veure el nombre de casos. Si durant els anys 50 foren 25 els dies amb pluges superiors als 100 mm, a la dècada següent foren només 5. En els anys 70 s'assoleix la xifra de 19 jornades torrencials però a partir de 1981 el declivi és clar i només s'arriba als 10 casos, ben igual que en el període 1991-2000.



Gràfica 7.4. Percentatge del repartiment estacional dels casos per dècades. Font: elaboració pròpia.

Com a fet curiós, a la vessant sollerica també hi ha un mateix nombre de jornades en aquests 20 darrers anys de segle XX, encara que el repartiment sigui desigual, 15 casos en els anys 80 i només 5 en els anys 90. Si que queda clar que els anys 60 destacaren per la manca de precipitacions, tant a la zona de Sóller com a la de Pollença.

Dècada	Episodis
1951-1960	25
1961-1970	5
1971-1980	19
1981-1990	10
1991-2000	10

Taula 7.11 Repartiment dels episodis per dècades. Font: elaboració pròpia.

3- La duració dels episodis. El nombre de jornades seguides amb pluges torrencials assoleix la xifra de 3. Aquest fet, emperò, tan sols es dona en una ocasió en el període estudiat, concretament els dies 6, 7 i 8 d'octubre de 1958, episodi que també afectà a la zona de Sóller encara que amb l'inici el dia 7.

Els episodis de dos dies són quelcom més habitual, repetint-se fins a 9 cops aquesta situació (Taula 7.12). Destaquen els anys 70, quan es repetirà fins a 5 vegades, mostrant coincidència amb la zona de Sóller l'episodi d'octubre de 1978. Segueix en importància el decenni 1951-1960, amb dos jornades seguides amb més de 100 mm precipitats i amb un cas trobem les dècades dels anys 80 i 90. A la dècada dels 60 no es produeix cap episodi d'aquest

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

tipus, el que sembla demostrar la manca de pluges intenses en aquest període.

Dècada	Episodis de dos dies	Episodis de tres dies
1951-1960	25 i 26-08-1950 8 i 9-12-1960	6,7 i 8-10-1958
1961-1970		
1971-1980	17 i 18-02-1974 3 i 4-11-1975 5 i 6-02-1976 27 i 28-11-1977 18 i 19-10-1978	
1981-1990	8 i 9-10-1990	
1991-2000	17 i 18-10-1994	

Taula 7.12 Jornades de precipitacions torrencials consecutives. Font: elaboració pròpia.

La distribució estacional d'aquestes jornades continues de pluja mostra una certa irregularitat. Dels 9 casos de dos dies 3 tenen lloc a l'octubre i 2 el mes de novembre, el que fa que la tardor sigui l'estació amb més jornades seguides de precipitacions torrencials. L'hivern ve al darrera amb dos episodis al febrer i un el desembre i sorpren un cas a l'estiu, concretament a les darreries del mes d'agost.

L'episodi de 3 dies de durada, ben igual que en els casos de la vall de Sóller, té lloc a l'octubre, que es mostra com el mes amb major nombre de jornades plujoses seguides.

4- El repartiment territorial. L'habitual dissimetria en el repartiment de les pluges que se produeix a l'illa de Mallorca es manté a Pollença, com mostren les precipitacions mitjanes, que assoleixen els 797,5 mm a l'estació B760 Pollença i que són de 691,3 mm a la B780 Port de Pollença (Botey et al, 2013).

En el cas de les pluges torrencials aquesta diferenciació entre la costa i l'espai interior segueix aquesta pauta. Hi ha un domini de la presència d'episodis de pluges torrencials a les estacions d'aforament situades a les zones de muntanya, a tall d'exemple a Mortitx hi ha 29 jornades plujoses en les 69 destriades per a la vessant i en 19 és l'estació que més pluja ha recollit. A la plana central destaca Pollença amb 22 episodis, dels que en 17 fou el màxim registre de la zona.

La costa queda amb un total de 6 episodis de pluja torrencial, essent el darrer registre de l'any 1982. Val a dir que, en els 6 casos, les estacions del Port de Pollença i de Formentor han estat les que han arreplegat la major quantitat de pluja, amb un màxim de 159,9 mm al Port de Pollença el dia 19 de setembre de 1962. A diferència de Sóller cap pluviòmetre costaner ha arribat als 200 mm en 24 hores.

5- La contribució als totals anuals i/o mensuals. Jornades plujoses amb quantitats que superen els 200 mm o bé s'hi fan aprop suposen una important part de la pluja total del mes en que té lloc aquest fet i també pel total anual.

En el cas de Pollença s'han triat els 8 episodis que registren més de 200 mm precipitats en 24 hores per a veure que suposen aquestes quantitats en relació a la pluja total. S'ha optat per afegir un cas de l'estació de Pollença en que se recolliren 155 mm (1 de juliol de 1979) i un de l'estació del Port

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

de Pollença (19 de setembre de 1962) quan aquesta va marcar el màxim de pluja a la zona. En tots els casos s'ha relacionat l'aportació d'aquesta precipitació pel que fa als totals mensuals i anuals de cada estació (Taula 7.13).

Estació	Data	Precipitació (mm)/24 hores	Total mensual i %	Tota anual i %
Can Serra	14-03-1955	222,3	358,3 (62%)	1268,3 (17%)
Can Serra	6-10-1958	220,4	604,7 (36%)	1483,2 (15%)
Mortitx	7-10-1958	214,0	672,0 (31%)	1716,0 (12%)
Mortitx	8-10-1958	234,5	672,0 (34%)	1716,0 (13%)
Mortitx	8-06-1959	228,0	242,9 (93%)	1670,1 (13%)
Can Serra	8-12-1960	200,0	362,8 (55%)	1105,3 (18%)
Port de Pollença	19-09-1962	159,5	241,5 (66%)	1059,5 (15%)
Mortitx	1-10-1973	283,0	318,7 (88%)	1487,3 (19%)
Pollença	1-07-1979	155,0	160,0 (96%)	745,1 (20%)
Mortitxet	8-10-1990	210,5	457,7 (46%)	1214,5 (17%)

Taula 7.13 Exemples de pluges torrencials i la seva contribució mensual i anual. Font: elaboració pròpia.

El valor de les jornades amb pluges intenses en relació al total mensual recollit a cada estació és prou elevat, oscil.lant entre el 31%, valor més baix que és el de Mortitx dia 7 d'octubre de 1958, i el 93% a la mateixa estació el dia 8 de juny de 1959. Menció apart són les dades dels pluviòmetres de Pollença i del Port de Pollença, on les pluges diàries mostren una incidència en el total mensual de fins al 96% en el cas de Pollença, quan en una jornada ploqueren 155 mm amb un total mensual de 160. Val a dir que la precipitació fou en el juliol i que sembla un fet aïllat dins el devenir d'aquest tipus de precipitacions. Malgrat tot, el valor aproximat de la pluja recollida en un dia respecte al total mensual es pot situar entorn del 60%.

Pel que fa a la relació entre les jornades torrencials i els totals anuals baixen els percentatges, que oscil·len entre el 12 i el 20%. De tota manera, les aportacions diàries segueixen mostrant una certa importància, sobretot en els casos en que el total recollit en una jornada suposa també un elevat valor en el màxim mensual, com passa en casos com a Mortixt l'any 1973 o a Pollença el 1979. En el cas d'anys molt plujosos, els totals arreplegats en 24 hores perden valor, baixant fins a un 12 o 13%, un percentatge que, de tota manera, és encara prou important.

8 ELS CASOS D'ESTUDI

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

8.1 POLLENÇA

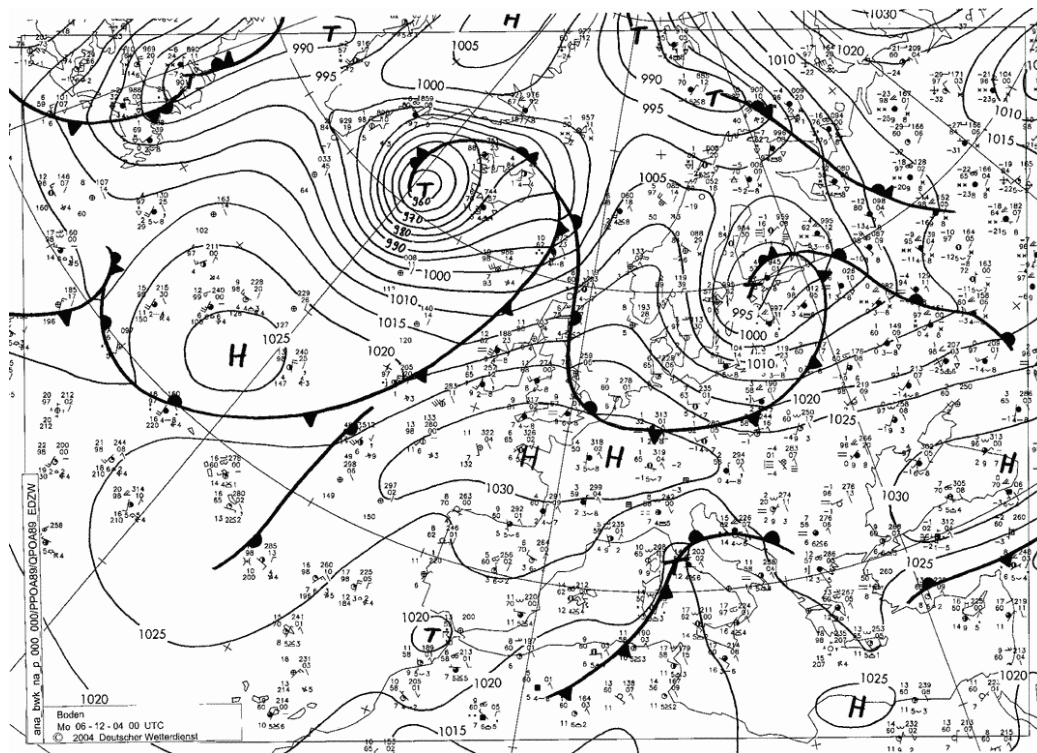
8.1.1 Desembre de 2004

Un episodi de pluges continuades als primers dies del mes de desembre acabà amb una torrenciada generalitzada el dia 6, quan també s'arreplegaren importants precipitacions a parts de la conca pollencina.

a) La situació atmosfèrica.

Les pluges que descarregaren aquests primers dies de desembre, amb una major quantitat entre els dies 3 i 4, foren conseqüència d'una depressió situada al sud de les Illes Balears amb un embassament d'aire fred a les capes mitjanes localitzat a la zona oest de les Balears (Figura 8.1).

En superfície hi havia un flux de vents humits de component Nord-Est de manera que la barrera orogràfica de la serra de Tramuntana ajudà a l'increment de les quantitats precipitades.



<http://www.wetter3.de>

Figura 8.1 Situació atmosfèrica el 6 de desembre de 2004. Font: www.wetter3.de

b) Les precipitacions.

Les pluges foren persistents a l'entorn de Pollença durant els dies previs a la torrentada. Encara que les jornades del 3 i 4 de desembre foren els dies en què caigueren les quantitats més destacades, val a dir que el dia 6 mostra uns valors força importants entorn de les capçaleres dels torrents de Pedruixella i Mortitxet (Taula 8.1).

De fet, a l'estació B007 Mortitx es recolliren 135 mm el dia 6, pluja que va caure sobre un sòl ja saturat amb una certa intensitat, com es pogué observar en el desenvolupament del treball de camp.

Estació	Dia 1 (mm)	Dia 2 (mm)	Dia 3 (mm)	Dia 4 (mm)	Dia 5 (mm)	Dia 6 (mm)	Total (mm)
B006 Torre d'Ariant	0,5	0	38,2	121,1	33,6	60,5	253,4
B007 Mortitx	0	0	30,0	130,0	10,0	135,0	305,0
B013 Lluc	0,6	0	6,4	116,0	17,4	117,0	256,8
B019 Mossa	0	0	20,0	140,0	61,0	105,0	326,0
B733 Can Cap den Bou	0	0	13,0	20,0	38,0	31,0	102,0
B745 Can Serra	0,3	0	11,9	82,0	43,3	66,8	204,0
B760 Pollença	0	0	11,5	67,0	14,2	33,4	126,1
B780 Port de Pollença	0,4	0	94,7	65,6	17,3	39,7	217,3

Taula 8.1 Precipitacions recollides durant l'episodi de desembre de 2004.
Font: AEMET.

Les precipitacions de la jornada de les inundacions mostren un màxim acusat a la zona dels termes municipals d'Escorca i de Pollença, així com un altre centre de pluges a la part oriental de l'illa de Mallorca, entorn de les muntanyes d'Artà (Figura 8.2). Aquest repartiment de les pluges es correspon amb el model de distribució espacial de precipitacions anomenat nucli principal a la serra de Tramuntana amb un màxim secundari a les serres de Llevant (Grimalt et al, 2006).

Distribució de la precipitació en 24 hores. 6 de desembre 2004.

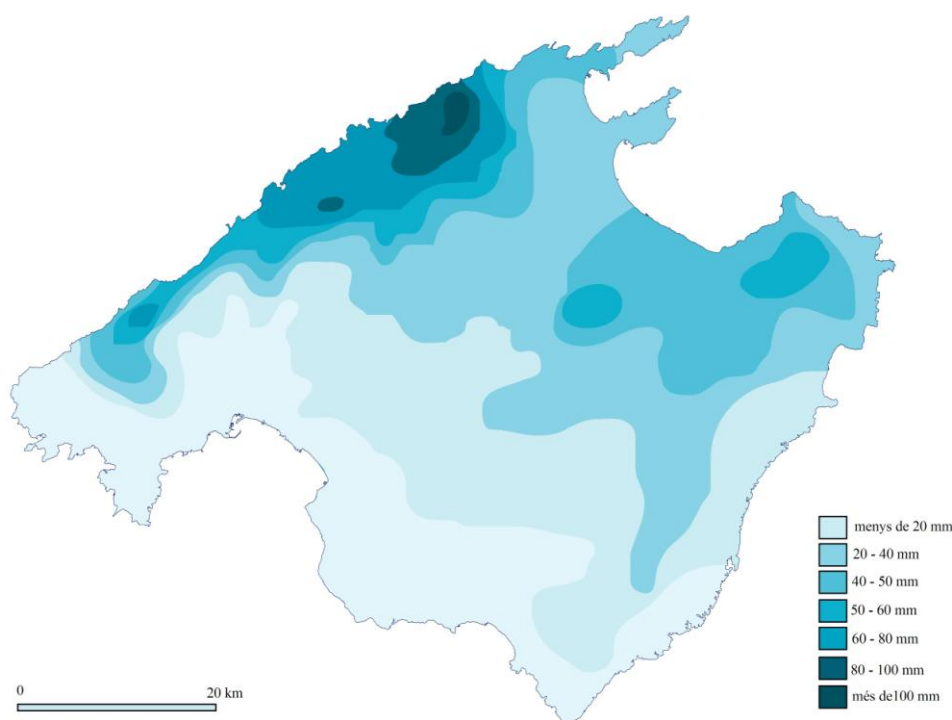


Figura 8.2. Repartiment de les pluges dia 6 de desembre. Font: elaboració pròpia.

c) Els cabals assolits.

Les mesures realitzades en el treball de camp foren un total de 10 (Taula 8.2). Els majors valors de la punta d'avinguda s'assoleixen al sector de

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

capçalera, resultat de la confluència de diferents afluents en un curt tram del torrent de Sant Jordi. La unió dels torrents de Mortitxet, Pedreixella, Puig Ferrer i son Grua provocà el negament d'una gran extensió de terreny així com que les aigües botassin ponts, desfessin trams del seus llits i afectassin camins i altres vies de comunicació.

A mesura que el torrent avança aigües avall es va produir un procés de laminació que suposa que la punta només torni a incrementar el seu cabal després del nucli urbà de Pollença, amb la incorporació del torrent de Ternelles al llit principal.

Punt de mesura	Secció (m²)	Pendent (m/m)	Còdols (cm)	Velocitat crítica (m/s)	Cabal Costa	Cabal Riggs	Cabal Final (m³/s)
1	15,40	0.020	18	2.29	35.30	43.37	39.34
2	11,30	0,048	25	2.69	30.43	37.32	33.88
3	12,13	0.019	-	-	-	30.77	30.77
4	27,40	0.020	25	2.69	73.79	95.88	84.83
5	30,37	0.014	-	-	-	99.43	99.43
6	42,66	0.014	-	-	-	158.36	158.36
6b	26,40	0.014	-	-	-	81.27	81.27
7	27,28	0.008	-	-	-	71.60	71.60
8	22,96	0.009	-	-	-	58.52	58.52
9	29,66	0.011	-	-	-	89.08	89.08
10	39,24	0.013	-	-	-	100.55	100.55

Taula 8.2 Cabals assolits als punts de mesura. Font: elaboració pròpia.

La figura següent (figura 8.3) mostra la distribució sobre el terreny dels punts d'aforament amb el cabal quantificat a cadascun d'ells. Es pot observar com la situació del lloc amb major cabal es troba al tram inicial de

la conca mentre que a la part mitjana els valors minven per a tornar a incrementar-se una vegada superada la vila de Pollença.

Pollença. Cabals màxims 6 desembre 2004

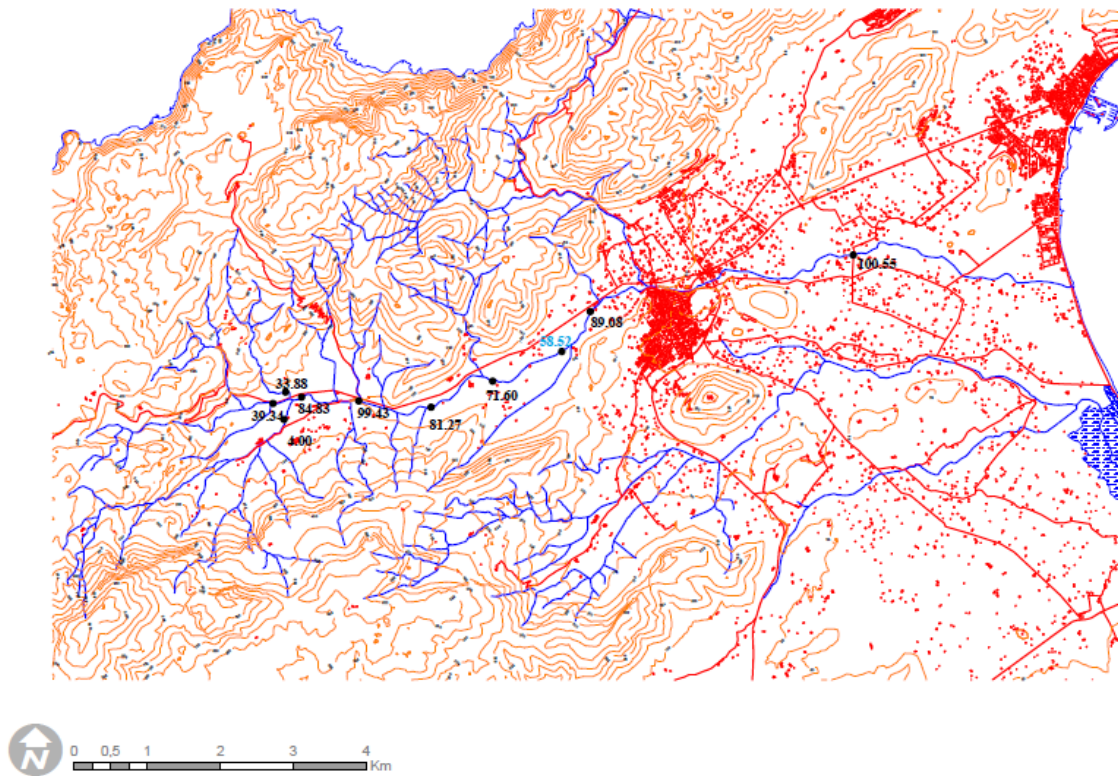


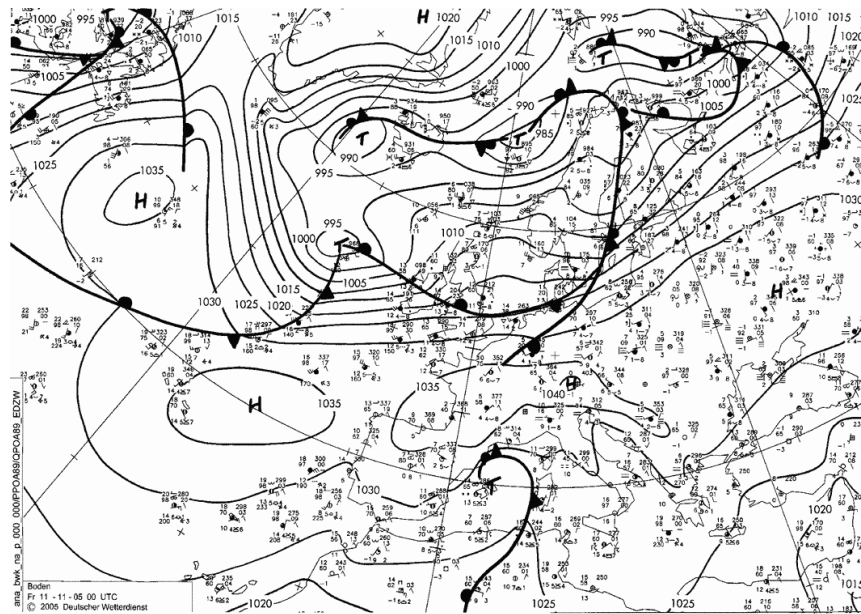
Figura 8.3 Distribució dels cabals màxims de dia 6 de desembre. Font: elaboració pròpia.

8.1.2 Novembre de 2005

L'11 de novembre va descarregar un temporal a la zona nord de Mallorca. Les quantitats precipitades foren notables, la qual cosa va afavorir la posada en funcionament de la xarxa superficial de la conca pollencina.

a) La situació atmosfèrica.

L'episodi fou provocat per una pertorbació centrada a la zona balear (Figura 8.4), acompanyada per condicions d'inestabilitat molt acusades per mor de la presència d'aire fred als nivells mitjans de la troposfera.



<http://www.wetter3.de>

Figura 8.3. Situació atmosfèrica l'11 de novembre de 2005. Font: www.wetter3.de

b) Les precipitacions.

La pluja va caure de forma intensa el dia 11 i ho havia fet lleugerament el dia anterior. Les quantitats que va deixar l'aiguada foren notables, especialment al sector litoral que va des de Ternelles fins a la Torre d'Ariant, així com també al sector proper al nucli urbà de Pollença.

Els valors assolits a Ternelles i a la Torre d'Ariant (Taula 8.3) són molt elevats, 200 a l'estació B757 i 192 a l'estació B006. Malgrat tot, no arriben als màxims històrics ja que durant l'episodi de l'octubre de 1990 es recolliren fins a 250 mm a l'observatori de la Torre d'Ariant (Grimalt, Rodríguez, 1992).

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Codi/ Estació	Pluja dia 10 (mm)	Pluja dia 11 (mm)	Total (mm)
B006 Torre d'Ariant	14,2	192,0	206,2
B007 Mortitx	2,0	8,0	10,0
B013 Lluc	0	14,4	14,4
B019 Mossa	4,5	30,0	34,5
B733 Can Cap den Bou	3,0	71,0	74,0
B745 Can Serra	5,0	94,7	99,7
B757 Ternelles	10,0	200,0	210,0
B760 Pollença	8,5	116,7	125,2
B780 Port de Pollença	6,4	58,4	64,8

Taula 8.3. Precipitacions recollides durant l'episodi de novembre de 2005.

Font: AEMET.

La figura següent mostra el repartiment de les pluges sobre l'illa de Mallorca i com aquesta distribució es correspon amb el model anomenat màxim paral·lel a la badia d'Alcúdia, en la qual les precipitacions es distribueixen en un sentit Nord-Oest cap a Nord-Est a la zona litoral sense penetrar gaire cap a l'interior (Grimalt et al, 2006).

Distribució de la precipitació en 24 hores. 11 de novembre 2005.

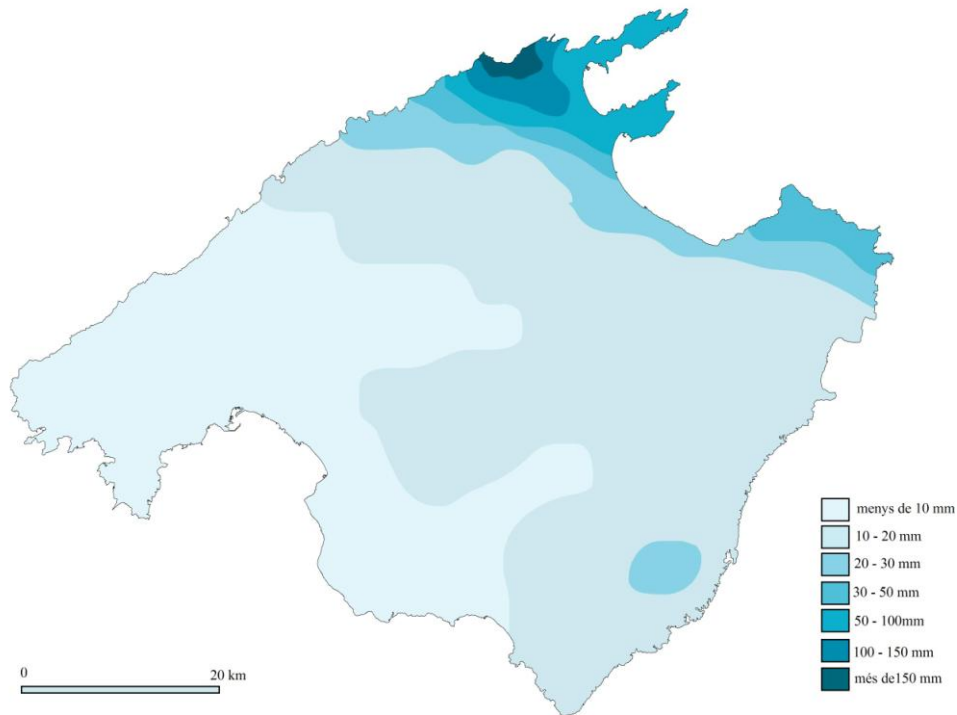


Figura 8.5 Repartiment de les pluges dia 11 de novembre. Font: elaboració pròpia.

c) Els cabals assolits.

Les mesures de cabal es varen realitzar poc temps després de les revingudes. La taula 8.4 mostra els valors assolits al torrent de Sant Jordi i inclou les dades principals de cada punt de mesura.

Els cabals assolits no foren molt elevats en capçalera de manera que abans de unir-se el torrent de Sant Jordi amb el de Llinàs la punta de crecuda segurament no havia superat els 14 m³/segon.

L'increment de cabal es produeix a les proximitats de l'espai urbà, amb les aportacions del torrent de Can Sales així com per altres aportacions laterals molt difuses en aquest tram mitjà del recorregut del torrent de sant Jordi.

De tota manera, a partir de la confluència del torrent de Ternelles, l'afluent més destacat del torrent de Sant Jordi, els cabals comencen a assolir certa

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

magnitud. La punta que prové de Ternelles fou més important que la que ve des de la vall de'n Marc, arribant aproximadament als 51 m³/s.

Punt de mesura	Secció (m ²)	Pendent (m/m)	Còdols (cm)	Velocitat crítica (m/s)	Cabal Costa	Cabal Riggs	Cabal Final (m ³ /s)
1	4.23	0.020	-	-	-	7.14	7.14
2	4.91	0,048	-	-	-	11.7	11.7
2b	4.06	0.048	-	-	-	8.99	8.99
3	2.12	0.020	10	1.71	3.64	2.73	3.18
4	2.15	0.040	15	2.1	4.51	3.49	4.00
5	6.36	0.014	12	1.88	11.95	11.37	11.66
5b	5.07	0.014				8.30	8.30
6	14.96	0.014	-	-	-	36.91	36.91
6b	11.53	0.014	-	-	-	25.70	25.70
7	3.12	0.047	12	1.88	5.86	6.18	6.02
8	8.25	0.016	-	-	-	16.78	16.78
9	9.46	0.008	-	-	-	16.10	16.10
10	7.76	0.008	-	-	-	12.22	12.22
11	9.3	0.011	-	-	-	17.59	17.59
12	2.89	0.059	-	-	-	6.00	6.00
13	10.11	0.031	30	2.94	29.77	29.77	28.79
14	13.48	0.021	33	3.09	41.59	36.76	39.18
15	17.46	0.020	-	-	-	54.64	54.64
16	19.34	0.019	22	2.53	48.92	58.97	53.94
16b	16.64	0.019	22	2.53	42.09	47.84	44.97
17	19.59	0.012	22	2.23	49.54	51.08	50.31
17b	17.11	0.012	22	2.23	43.28	42.33	42.81
18	16.51	0.015	-	-	-	43.42	43.42

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

19	22.37	0.012	-	-	-	61.54	61.54
19b	18.2	0.012	-	-	-	46.20	46.20
20	17.6	0.013	-	-	-	45.49	45.49

Taula 8.4 Cabals assolits als punts de mesura. Font: elaboració pròpia.

Sembla que les dues puntes no varen coincidir temporalment, no foren coetànies, ja que la punta total no es va incrementar gaire aigües avall quan les aportacions d'ambdós torrents s'ajunten. L'ordre de magnitud de la punta total es manté estable entorn dels 45 m³/s fins arribar a la desembocadura a la badia de Pollença.

Cal dir que les dades arreflegades al torrent de Ternelles no pogueren ser completades per problemes d'accés als punts d'observació. Sembla prou clar però que la revinguda fou inferior a la de 1990 malgrat els 200 mm precipitats a tots dos casos. Segurament el factor horari, la intensitat de la pluja, fou més destacat a l'episodi anterior.

Pel que fa al torrent de la vall den Marc, la generació de la torrentada se situa a la part mitjana de la conca, concretament aigües avall de can Guilló, de manera que la revinguda principal provenia de la zona de Ternelles, a la sortida de l'estret però aigües avall es produeix una laminació de la punta de cabal, que minva gairebé 6m³/segon.

A partir del casc urbà de Pollença s'incrementa de nou el cabal, segurament per les aportacions d'afluents laterals en una zona on la precipitació fou prou intensa i on l'estructura urbana (carrers, carreteres, etc) pogueren aportar altes quantitats d'aigua.

Pollença. Cabals màxims 11 novembre 2005

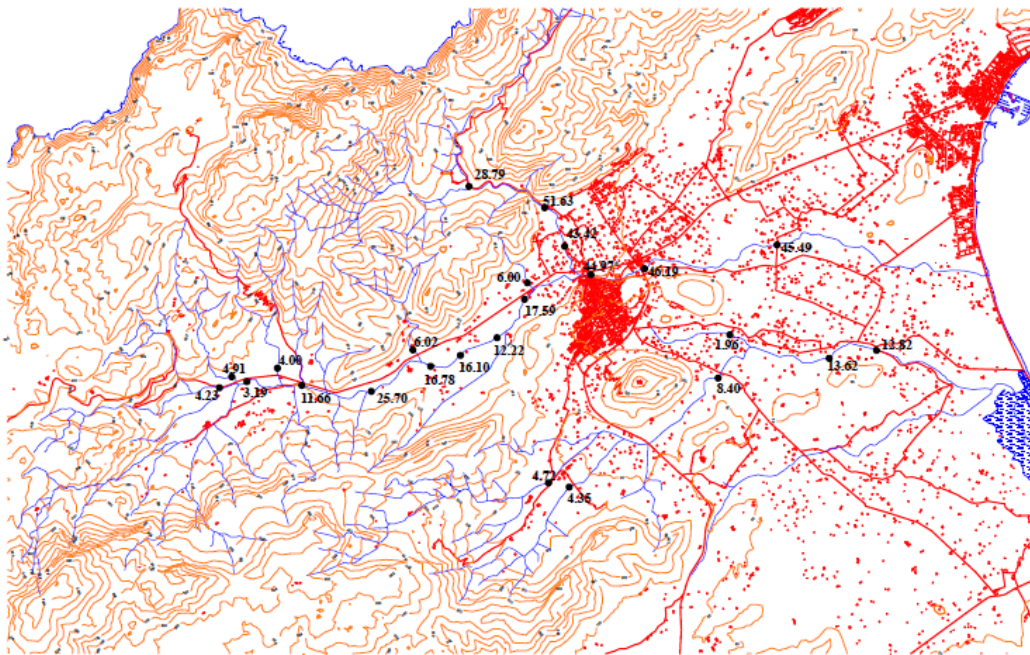


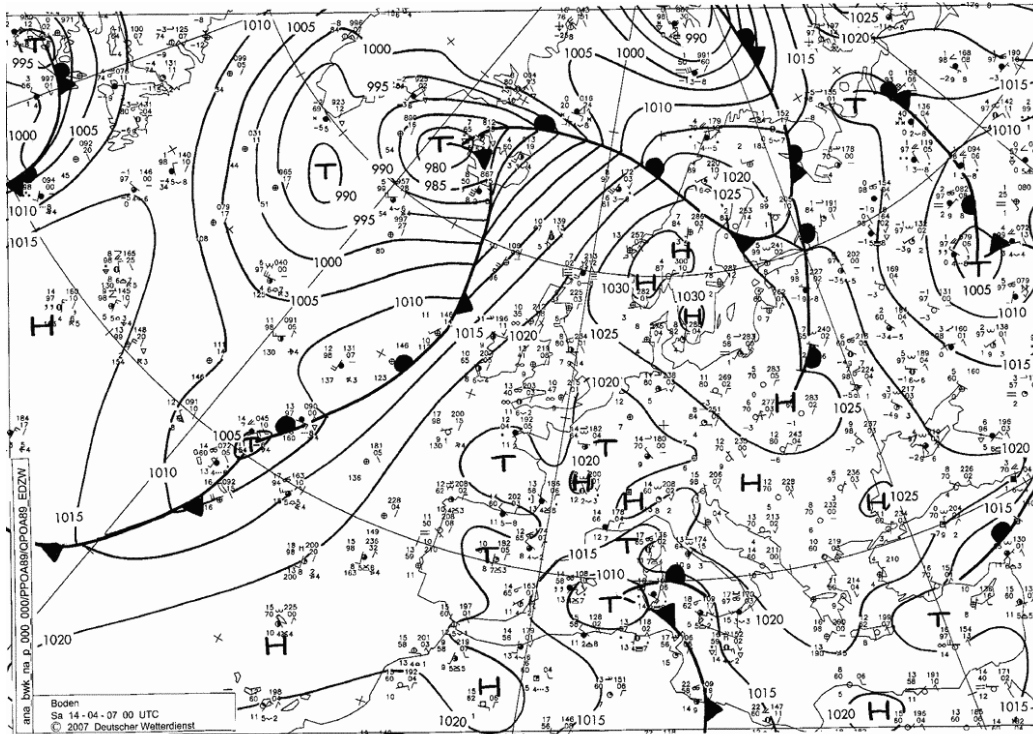
Figura 8.6. Distribució dels cabals màxims de dia 11 de novembre. Font: elaboració pròpia.

8.1.3 Abril de 2007.

Un temporal de pluges es va produir al llarg de la primera quinzena del mes d'abril, arribant al màxim el dia 14. Les quantitats precipitades en 24 hores foren prou importants a la part central de la serra de Tramuntana encara que a la zona d'estudi no assoliren la mateixa intensitat, arribant, això si, a superar els 100 mm a algunes estacions.

a) La situació atmosfèrica.

Una depressió situada a la mar Balear provocà un flux de vent de component Nord-Est que, combinat amb unes condicions d'inestabilitat a les capes mitjanes de l'atmosfera, donaren lloc a les tormentes i precipitacions d'aquests dies (Figura 8.7).



<http://www.wetter3.de>

Figura 8.7. Situació atmosfèrica el 14 d'abril de 2007. Font: www.wetter3.de

b) Les precipitacions.

Durant la primera quinzena d'abril va haver-hi una perllongada tanda de precipitacions que varen culminar amb els màxims assolits el dia 14 (Taula 8.5). Malgrat que les quantitats no foren molt elevades la intensitat de la pluja fou elevada i a zones de capçalera dels diferents torrents de la conca pollencina es varen superar els 120 mm, amb un total màxim de 177,4 mm a l'estació de Lluc (B013).

Com a factor diferencial respecte a l'episodi de l'any 2005 val a dir que, en aquest cas, la precipitació va caure dins tota la conca del torrent de Sant Jordi, de manera que pràcticament tots els cursos que la formen varen funcionar.

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Estació	Dia 8 (mm)	Dia9 (mm)	Dia10 (mm)	Dia11 (mm)	Dia12 (mm)	Dia13 (mm)	Dia14 (mm)	Dia15 (mm)	Total (mm)
B006 Torre d'Ariant	0	3,8	12,6	1,2	4,8	36,5	36,1	0	95,0
B013 Lluc	0	4,6	10,6	2,0	4,5	70,0	177,4	1,0	270,1
B019 Mossa	0	3,5	7,3	0	2,5	42,5	127,0	0	182,8
B733 Can Cap den Bou	5,0	4,0	5,0	2,0	3,0	9,0	46,0	0	74,0
B745 Can Serra	0	3,8	11,9	4,0	2,8	28,7	57,9	1,0	110,1
B757 Ternelles	0	4,0	10,0	0	7,0	26,0	42,0	0	89,0
B760 Pollença	0	3,5	8,1	2,0	6,3	22,1	42,7	0	84,7
B780 Port de Pollença	1,0	2,5	7,8	1,1	5,3	28,3	49,4	0	95,4

Taula 8.5 Precipitacions recollides durant l'episodi d'abril de 2007. Font: AEMET.

El temporal de pluges afectà tota Mallorca, com mostra la figura 8.8. El repartiment de la precipitació s'inclou dins el model 6 (Grimalt et al, 2006), anomenat nucli principal a la serra de Tramuntana amb un màxim secundari a les serres de Llevant.

Distribució de la precipitació en 24 hores. 14 d'abril 2007

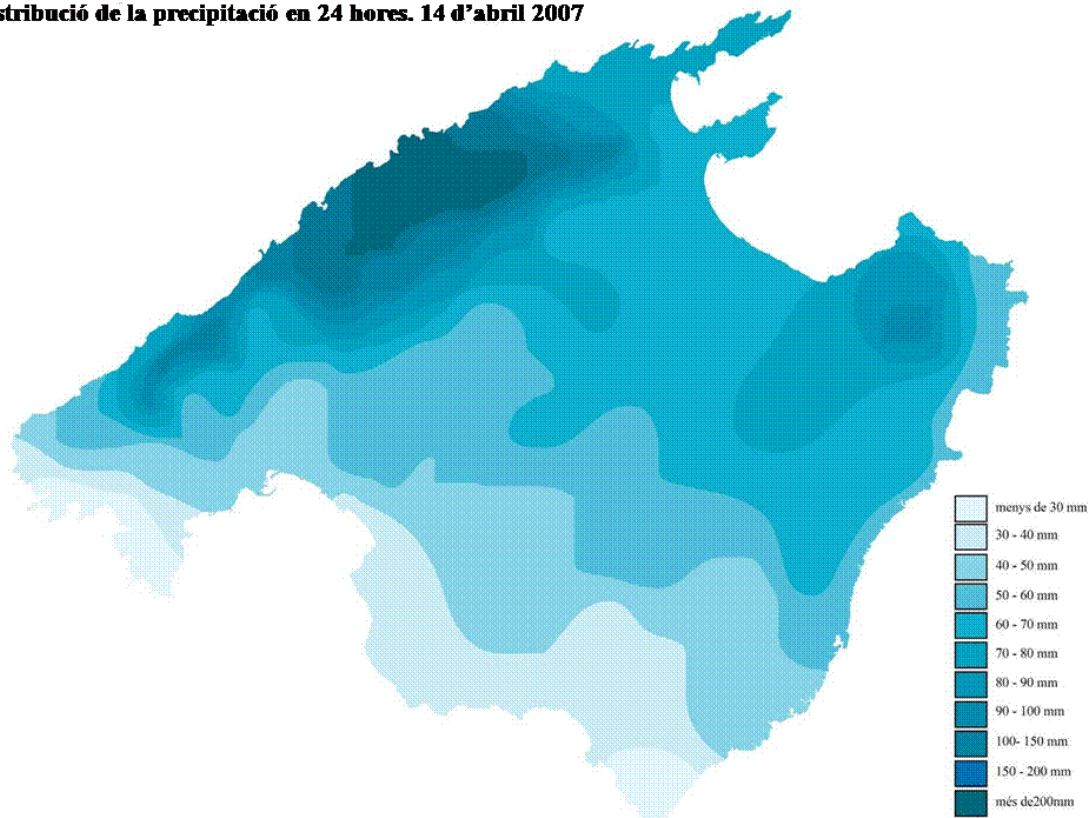


Figura 8.8 Repartiment de les pluges dia 14 d'abril. Font: elaboració pròpia.

c) Els cabals assolits.

L'episodi estudiat mostra cabals de consideració ja des de la part superior de la conca. En concret, els torrents de Son Marc i de Mortitxet ja fan una aportació destacada que serà la que generarà la punta de revinguda principal.

Als cabals generats en capçalera s'aniran afegint els dels diferents trams de la conca fins arribar a la zona urbana on l'ordre de magnitud assolirà els 40 m³/s (Taula 8.6).

Els valors totals no assoleixen quantitats més importants ja que les aportacions del torrent de Ternelles no foren massa significatives. Així

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

mateix, els cabals generats entorn de la zona urbana de Pollença tampoc foren molt destacables.

La torrentada d'aquest 2007 fou inferior a l'anterior de 2005, tot i tenint en compte que els cabals assolits a la zona de capçalera i al tram mig de la xarxa foren superiors als de l'episodi anterior.

Els desbordaments produïts són localitzats, amb destruccions de petita magnitud i danys, sobretot, als espais de conreu així com a camins i parets.

Punt de mesura	Secció (m²)	Pendent (m/m)	Còdols (cm)	Velocitat crítica (m/s)	Cabal Costa	Cabal Riggs	Cabal Final (m³/s)
1	8.69	0.020	23	2.58	19.57	22.46	21.02
2	3.99	0,048	-	-	-	8.78	8.78
3	4.81	0.014	-	-	-	7.67	7.67
4	2.42	0.020	21	2.47	3.31	5.98	4.64
5	3.26	0.019	20	2.41	4.95	7.87	6.41
6	9.80	0.020	25	2.69	22.96	26.39	24.67
7	8.32	0.020	29	2.89	18.28	24.09	21.19
8	13.01	0.014	26	2.74	30.60	35.71	33.16
9	22.68	0.004	-	-	-	65.80	65.80
10	16.22	0.008	-	-	-	34.76	34.76
11	18.04	0.011	-	-	-	44.60	44.60

Taula 8.6 Cabals assolits als punts de mesura. Font: elaboració pròpia.

Pollença. Cabals màxims 14 abril 2007

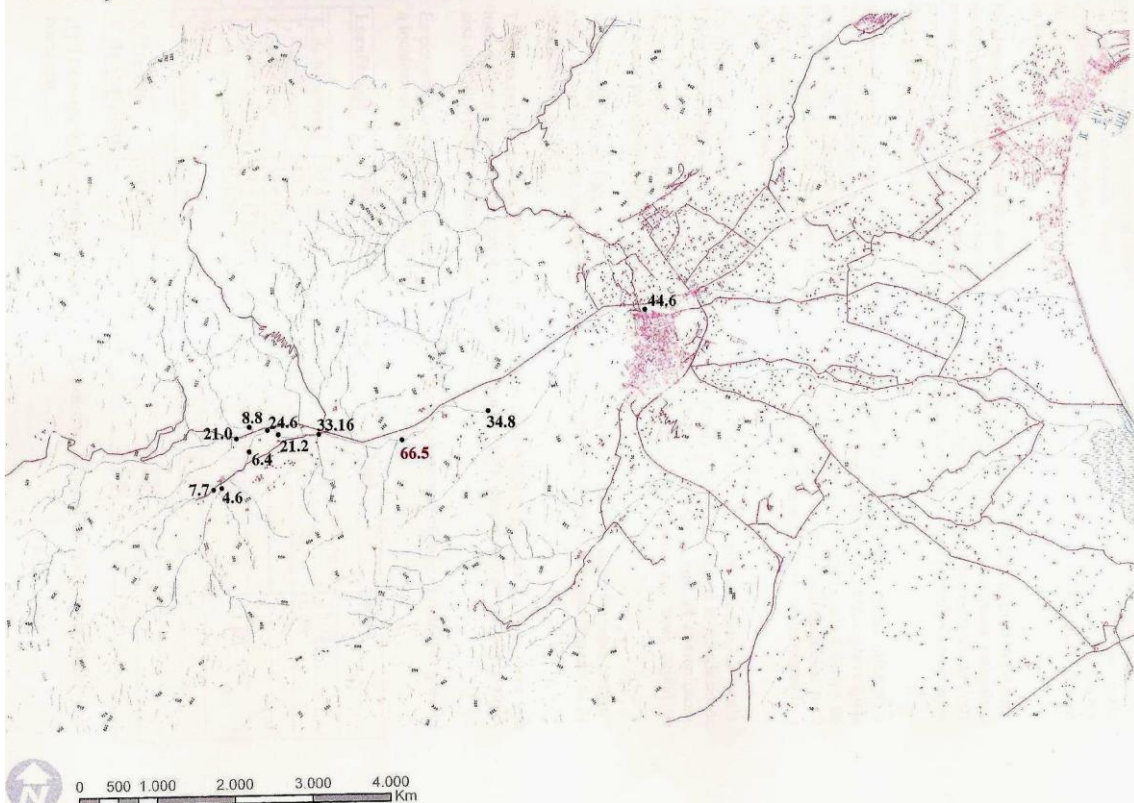


Figura 8.9 Distribució dels cabals màxims de dia 14 d'abril. Font: elaboració pròpia.

8.2 SÓLLER

8.2.1 Desembre de 2006.

Un temporal que descarregà sobre la zona de Sóller entre el 20 i el 24 de desembre provocà la crescuda del torrent Major i originà vessaments localitzats en el tram de la desembocadura.

a) La situació atmosfèrica.

Una advecció del Nord-Est amb pressions relativament altes al sector balear va donar lloc a un temporal generalitzat sobre Mallorca, amb importants precipitacions a la serra de Tramuntana (Figura 8.10).

Les aiguades que afectaren la vall de Sóller foren el segon episodi de pluges intenses de l'any 2006, un el mes de gener i aquest esmentat del desembre.

Amdós casos es tracta de situacions de Nord-Est amb quantitats elevades de precipitació malgrat no presentar cap intensitat fora mida.

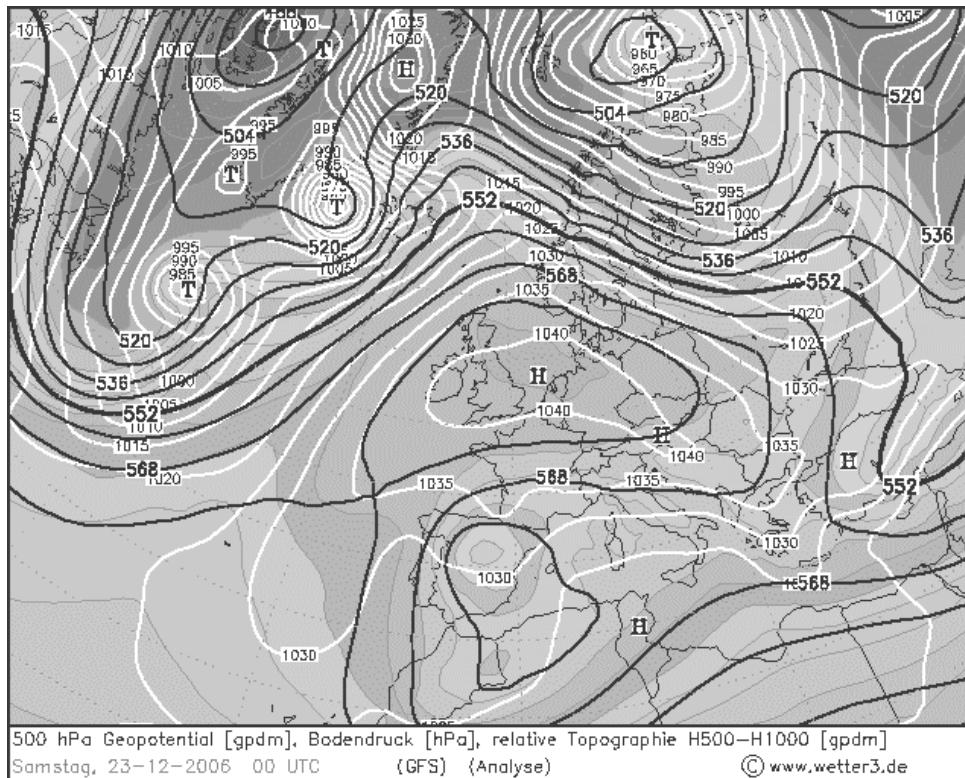


Figura 8.10 Situació atmosfèrica el 23 de desembre de 2006. Font: www.wetter3.de

b) Les precipitacions.

El temporal de pluges s'inicià el dia 20 de desembre, amb quantitats ja superiors als 50 mm. La precipitació continuà fins assolir el màxim el dia 23 de desembre, amb totals per sobre dels 100 mm. Destaquen els 121 mm de l'estació B062 Sa Vinyassa, on en el conjunt de l'episodi es recolliren més de 330 mm de precipitació i també destacables són els 168,8 mm de pluja de l'observatori Es Marroig, situat a zones més elevades de la vall i on habitualment es recelleixen grans quantitats de precipitació durant els episodis torrencials. De fet, en aquests 5 dies de desembre s'assoliren 467,3 mm de pluja i el total del mes fou de 612,5 mm.

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

El dia 24 no s'assoliren els registres del dia anterior però la precipitació va caure sobre un terreny prou abeurat, la qual cosa provocà petites inundacions localitzades de terrenys particulars així com a carrers i aparcaments.

Estació	Dia20 (mm)	Dia21 (mm)	Dia22 (mm)	Dia23 (mm)	Dia24 (mm)	Total (mm)
B058 Biniaraix	99,0	42,5	4,0	120,0	61,2	326,7
B061 Sóller	81,2	49,1	1,2	118,4	53,7	303,6
B062 Sa Vinyassa	94,0	60,0	0,9	121,0	59,0	334,9
B054 Es Marroig	138,2	72,3	4,5	168,8	83,5	467,3

Taula 8.7 Precipitacions recollides durant l'episodi de desembre de 2006.

Font: AEMET.

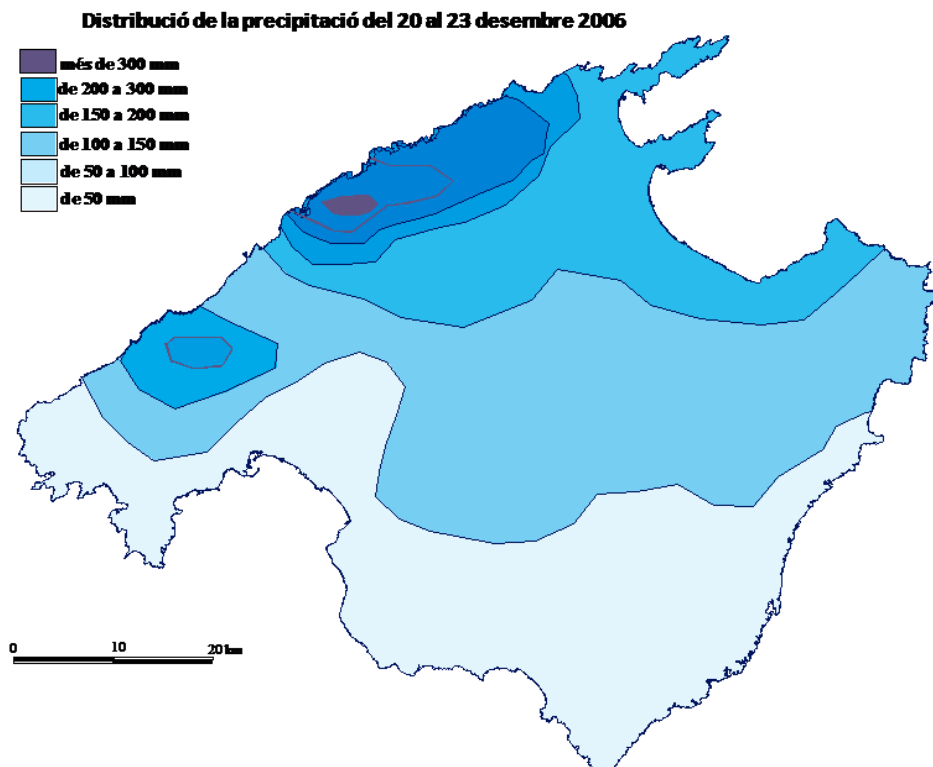


Figura 8.11 Repartiment de les pluges entre els dies 20 i 23 de desembre. Font: elaboració pròpia.

La distribució de les precipitacions mostra relació amb el model anomenat de pluges generalitzades a la serra de Tramuntana, que van minvant cap el Sud-Est de l'illa (Grimalt et al, 2006).

c) Els cabals assolits.

L'episodi de pluges va assolir la màxima intensitat el dia 23 però fou el dia 24 quan es varen produir les sortides del llit del torrent Major a la zona del tram final, al Camp de sa mar i al port. També se varen donar casos de petites inundacions a la barriada de l'Horta però foren degudes majoritàriament a l'embassament de les aigües de pluja a causa de la manca de capacitat d'infiltració del sòl als espais afectats.

Les aportacions dels diferents cursos que formen el torrent Major no són molt destacables abans de la conjunció de les tres branques dintre de la xarxa urbana de Sóller. El torrent de Fornalutx mostra un cabal de 23 m³/segon i la primera mesura feta dins el llit del torrent Major assoleix un valor de 26.32 m³/segon.

No és fins arribar a la zona de l'Horta quan els cabals augmenten amb les aportacions del torrent de ca N'ái i del Jaiot però, sobretot, del sistema d'aixugadors situats a les finques situades a la vora del canal principal de la conca. S'arriben així a valors superiors als 40 m³/segon (Taula 8.8) just abans d'arribar al punt on comencen les sortides de llit de les aigües. Una vegada superat el vessament, el tram final abans de la desembocadura presenta un cabal de 29.92 m³/segon.

Punt de mesura	Secció (m2)	Pendent (m/m)	Còdols (cm)	Velocitat crítica (m/s)	Cabal Costa	Cabal Riggs	Cabal Final (m3/s)
1	11.20	0.011	-	-	-	23.00	23.00
2	11.12	0,011	-	-	-	22.77	22.77
3	5.4	0.011	-	-	-	8.34	8.34
4	12.61	0.010	-	-	-	26.32	26.32
5	21.27	0.005	-	-	-	43.59	43.59
6	20.16	0.005	-	-	-	40.46	40.46
7	17.08	0.004	-	-	-	29.92	29.92

Taula 8.8 Cabals assolits als punts de mesura. Font: elaboració pròpia.

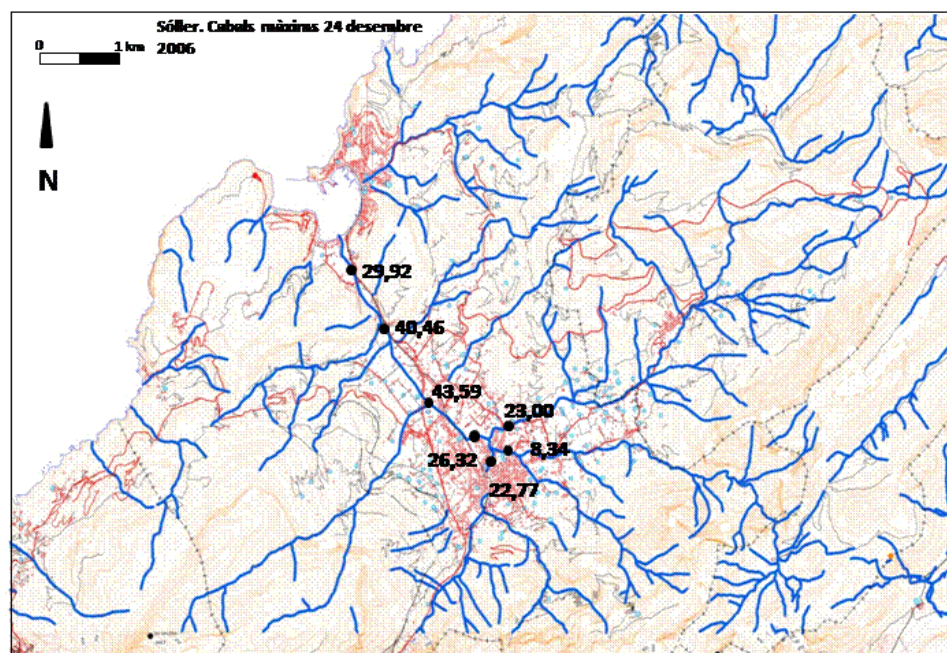


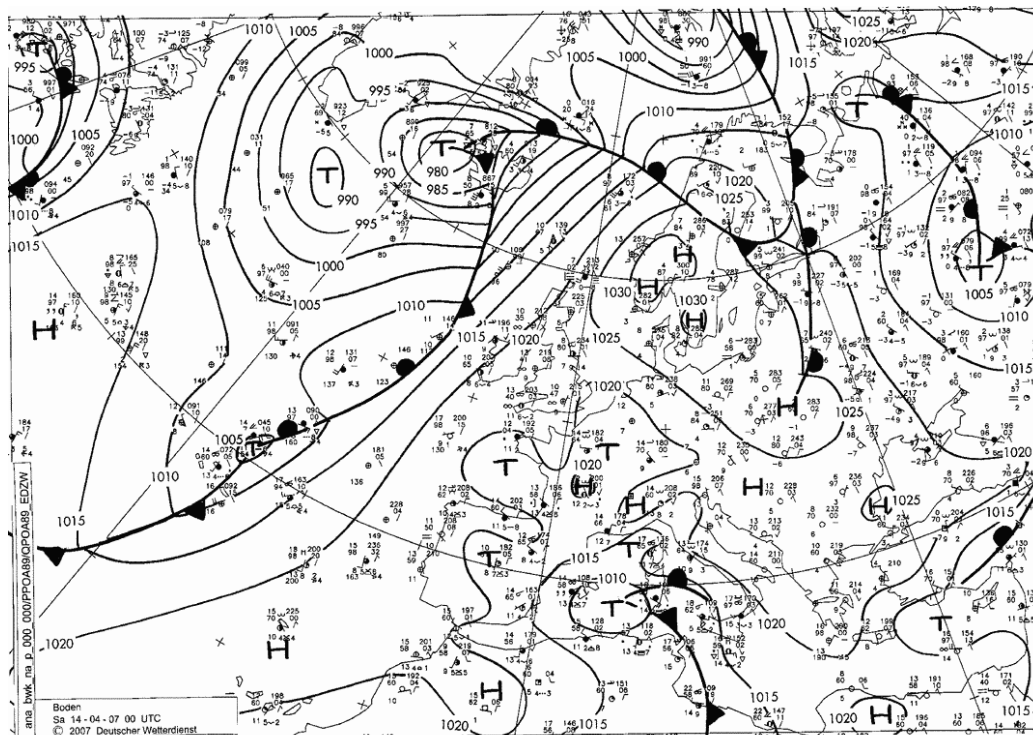
Figura 8.12 Distribució dels cabals màxims de dia 24 de desembre. Font: elaboració pròpia.

8.2.2 Abril de 2007

L'episodi de precipitacions causant de la torrentada de Pollença provocà una forta revinguda del torrent Major que va provocar unes inundacions importants, les primeres des dels esdeveniments de l'any 1974 i el primer cop que, des de les obres d'acondicionament del jaç en els anys 80, el torrent vessava tallant la carretera des de la Torre fins a la Roca Roja.

a) La situació atmosfèrica.

Una tramuntanada, com s'anomena a Sóller, provocà un seguit de dies de pluges. Una depressió a la zona balear donà lloc a uns fluxes de component Nord que, units a una situació d'inestabilitat a les capes mitjanes, originaren aquest episodi d'inundació.



<http://www.wetter3.de>

Figura 8.13 Situació atmosfèrica el 14 d'abril de 2007. Font: www.wetter3.de

b) Les precipitacions.

Els dies previs a la inundació va haver-hi una llarga tanda de precipitacions, pluges que varen culminar amb els màxims assolits el dia 14 (Taula 8.9). A la vall ploqueren gairebé 200 mm en 24 hores i una estació, la B054 Es Marroig, situada entre les conques dels torrents de Fornalutx i de Biniaraix, presenta un màxim de 273 mm recollits el dia de l'episodi torrencial. Aquesta precipitació, unida a les anteriors, abeurà els terrenys i va fer pujar el nivell dels torrents de la conca sollerica.

A diferència del cas de Pollença, el factor intensitat fou molt present a Sóller ja que es parla que caigueren 100 mm en 8 hores, entre les 10 del matí i les 18 hores, quan el torrent Major surt de mare. Fins a les hores, segons fonts municipals, l'aigua anava arran dels murs però sense vessar fins que la pluja que anava caient provocà el succeït. Malauradament, no es disposa de dades horaries per a veure les intensitats, només els totals diaris de les estacions de la vall.

Estació	Dia9 (mm)	Dia10 (mm)	Dia11 (mm)	Dia12 (mm)	Dia13 (mm)	Dia14 (mm)	Total (mm)
B058 Biniaraix	0	13,9	0	0	65,0	98,0	176,9
B061 Sóller	3,1	10,2	1,6	0	31,2	160,0	206,1
B062 Sa Vinyassa	3,2	9,7	0	0,6	29,3	143,6	186,4
B054 Es Marroig	2,4	4,1	0,3	2,7	48,8	273,0	331,1

Taula 8.9. Precipitacions recollides durant l'episodi d'abril de 2007. Font: AEMET.

Com el cas del torrent de Sant Jordi, fou un episodi plujós que afectà tota Mallorca però especialment la serra de Tramuntana (Figura 8.11). A les capçaleres dels torrents estudiats es recolliren quantitats superiors als 100 mm en menys de 24 hores, com els 107,9 de la serra d'Alfàbia de mitjanit fins a les 15 hores de dia 14.

Distribució de la precipitació en 24 hores. 14 d'abril 2007

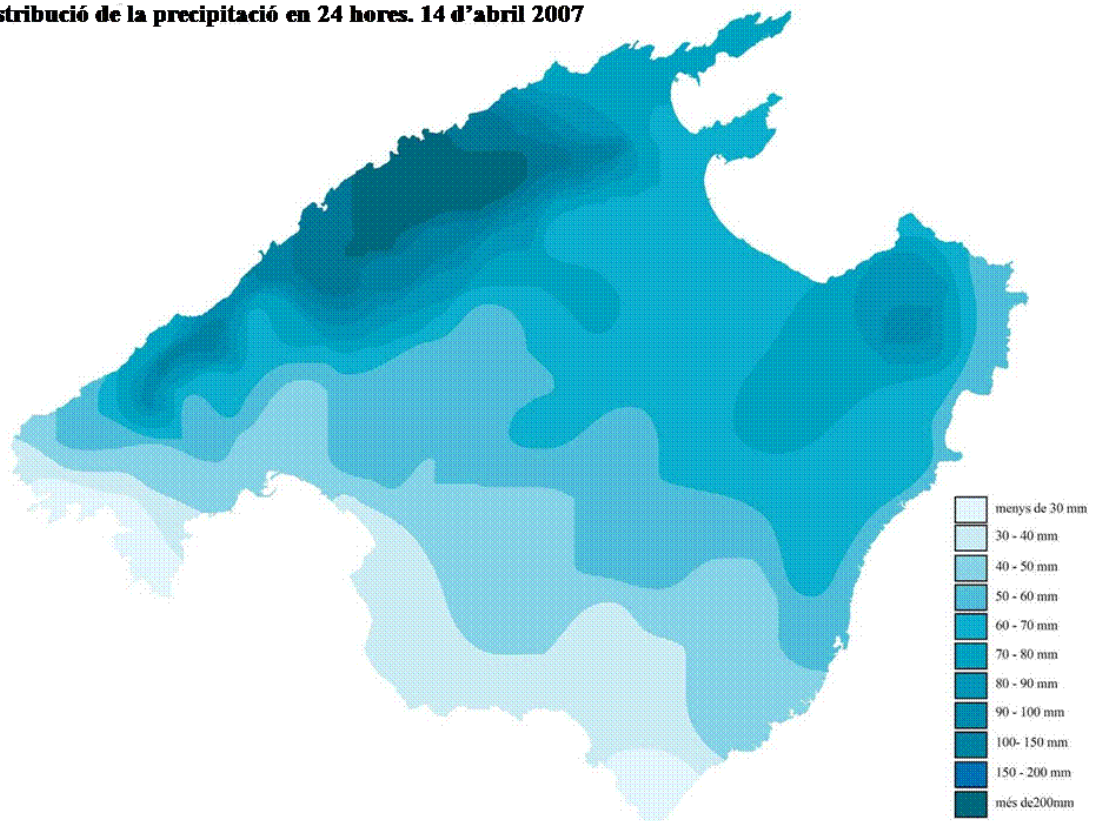


Figura 8.14 Repartiment de les pluges dia 14 d'abril. Font: elaboració pròpia.

c) Els cabals.

Els dies anteriors a l'esdeveniment els torrents de la conca ja corrien amb força malgrat no s'esperava cap sortida de mare. De fet, els serveis d'emergència no estaven activats i només els avisos dels veïnats posaren en marxa les actuacions adients.

Els cabals que s'obtenen durant el treball de camp mostren com a la part alta de la conca no s'assoliren valors massa elevats mentre que a la part mitja-baixa, una vegada arriba el torrent a la zona de l'Horta, fora del teixit urbà, els cabals augmenten amb les aportacions de tot el sistema d'aixugadors que existeix per evitar l'anegament dels terrenys agrícoles. També són importants les aportacions del torrent de's Jaiot, 8.24 m³/segon mesurats a partir de les marques observades, i de ca n'Aí per afavorir la sortida de les aigües fora del llit (Taula 8.10).

A la part final del torrent els valors assolits són prou destacats, sobretot en comparació amb els esdeveniments de quatre mesos abans. A l'altura del desviament cap a la platja de'n Repic el cabal calculat assolia els 54.46 m³/segon quan a l'episodi del desembre estava entorn dels 40 m³.

Si durant la torrentada del desembre anterior el vessament no se va produir per una vintena de centímetres, en el cas actual el llit del torrent Major fou incapaç de conduir l'aigua fins a la desembocadura, no essent l'altura dels murs de ciment suficient per a contenir el fluxe en circulació. S'ha calculat que en el punt de vessament el cabal arribava als 66.14 m³/segon però les pèrdues d'aigua en aquell tram i ens els immediatament posteriors fan difícil mesurar el veritable cabal del torrent Major.

Punt de mesura	Secció (m²)	Pendent (m/m)	Còdols (cm)	Velocitat crítica (m/s)	Cabal Costa	Cabal Riggs	Cabal Final (m³/s)
1	5.87	0.011	-	-	-	9.37	9.37
2	11.94	0.011	-	-	-	25.14	25.14
3	11.96	0.011	-	-	-	25.20	25.20
4	11.34	0.011	-	-	-	23.40	23.40
5	6.42	0.005	-	-	-	8.24	8.24

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

6	21.17	0.005	-	-	-	43.31	43.31
7	24.30	0.005	-	-	-	52.46	52.46
8	30.22	0.004	-	-	-	66.14	66.14

Taula 8.10. Cabals assolits als punts de mesura. Font: elaboració pròpia.

Els danys a la zona propera a la desembocadura foren prou importants, tant a nivell d'infraestructures públiques com privades, per mor del vessament generalitzat que va ocórrer als darrer quilòmetre de canal. La carretera MA711 quedà tallada així com la via del tramvia i la desviació cap a la platja de'n Repic també es va veure tancada per l'estancament de les aigües, de manera que aquell espai del Port de Sóller va quedar aïllat. La pluja provocà també la caiguda de pedres i terra a l'entrada del túnel de sa Mola i que, dins el casc urbà de Sóller, el torrentó de ca'n Creueta, vessàs dins del carrer de mateix nom, afectant puntualment a la circulació.

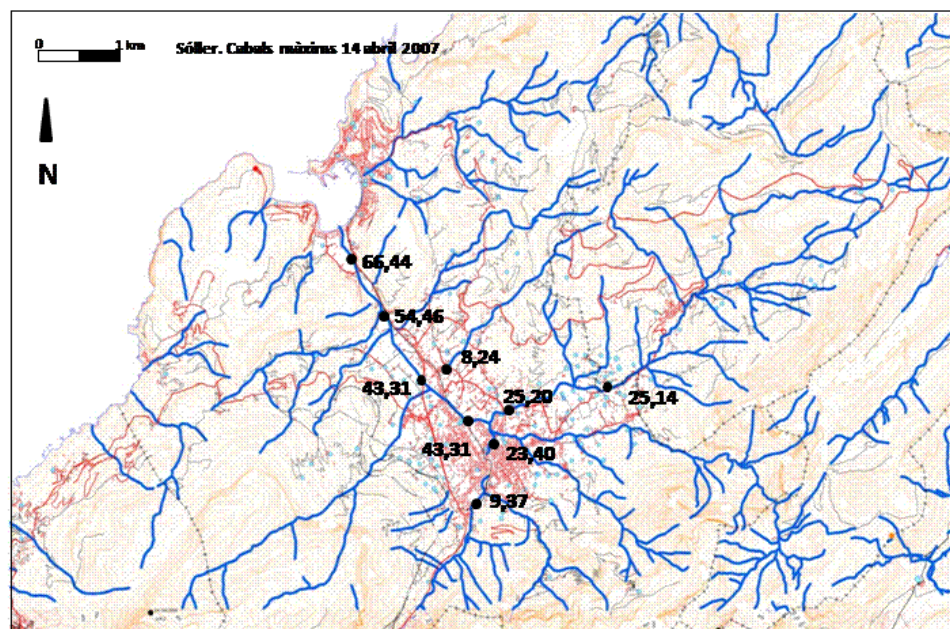


Figura 8.15 Distribució dels cabals màxims de dia 14 d'abril. Font: elaboració pròpia.

9 APLICACIÓ D'ALTRES MÈTODES DE CÀLCUL

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

En aquest apartat s'estimen els possibles cabals d'avinguda a partir de la utilització de diferents mètodes. S'assolirà així un coneixement de cabals que permetrà la seva comparació amb els resultats que provenen de la feina post-esdeveniment. Tot plegat permetrà veure el diferent comportament de cada conca segons la metodologia d'estudi aplicada.

Els mètodes de càlcul aplicats són dos. Per una banda trobem els mètodes indirectes i per l'altra un mètode hidrometeorològic com és el Racional de Temez.

9.1 CABALS ESPERABLES SEGONS ELS MÈTODES INDIRECTES.

S'han emprat tres mètodes de càlcul a partir de l'ús de fórmules empíriques. En concret, s'han emprat les fórmules de González Quijano, Zapata i Heras que se presentaren al capítol 3.

Les dues primeres suposen emprar dades de la superfície de la conca mentre que en el cas de la d'Heras s'inclouen dades de precipitació, àrea de la conca i variables com el coeficient de la conca i de la intensitat de la precipitació.

Aquestes fórmules permeten obtenir uns valors màxims de cabal que, donat el seu ús bàsicament a l'enginyeria, mostren les magnituds assolibles a la conca estudiada. Ara bé, donada la seva senzillesa, ja que només empen les dades de superfície, els resultats han de ser considerats com orientatius.

9.1.1 MÈTODE DE GONZÁLEZ QUIJANO

És el resultat d'aplicar la fórmula següent:

$$Q = 17 S^{2/3}$$

Per la vessant de Sóller els resultats són:

Q torrent Major: 222,70 m³/S

En el cas de Pollença els cabals assolits són:

Q torrent de Sant Jordi: 201,51 m³/s

9.1.2 MÈTODE DE ZAPATA

El cabal esperable sorgeix de desenvolupar la funció:

$$Q = 21 S^{0,6}$$

A la conca de Sóller s'obtenen els cabals següents:

Q torrent Major: 217,73 m³/s

A la vessant de Pollença, els cabals són:

Q torrent de Sant Jordi: 198,81 m³/s

9.1.3 MÈTODE D'HERAS

Aquesta metodologia se desenvolupa com una eina per a la determinació de cabals per a projectes d'enginyeria. L'objectiu és trobar la crescuda màxima esperable a una conca per a diferents temps de retorn. A diferència dels mètodes anteriors, inclou valors de precipitació i el coeficient de correntia de la conca.

En el cas de Balears, el coeficient de correntia proposat per Heras (1982) és 1,2 mentre que el coeficient de la conca és 0,3 pels torrents de Fornalutx i Sant Jordi així com per a la conca de Sóller però de 0,2 per a la conca de Pollença.

Els valors de cabal s'obtenen d'aplicar la fórmula següent:

$$Q = pieS$$

I els resultats assolits són, pel que fa a la vessant del torrent Major de Sóller:

Q torrent Major: 168,25 m³/s

La conca pollença presenta el valor de cabal següent:

Q torrent de Sant Jordi: 101,41 m³/s

Per afavorir la comparació dels resultats, aquests es presenten a una taula-resum que apareix a continuació.

CONCA/TORRENT	G. QUIJANO	ZAPATA	HERAS
MAJOR SÓLLER	222,70 m ³ /s	217,73 m ³ /s	168,25 m ³ /s
SANT JORDI	201,51 m ³ /s	198,81 m ³ /s	101,41 m ³ /s

Taula 9.1 Resultats dels mètodes indirectes.

Els valors només considerant la superfície de les conques són superiors als 200 m³/segon mentre que, quan s'introdueixen altres factors com el coeficient de correntia o la precipitació, com en el cas del mètode d'Heras, els cabals esperables minven clarament.

De totes maneres, els resultats són superiors en cada cas al torrent Major respecte al torrent de Sant Jordi, quelcom que podem relacionar amb la morfologia de la conca, que, com s'ha assenyalat abans, mostra una major torrencialitat per a la conca sollerica respecte a la de Pollença.

9.2 CABALS ESPERABLES SEGONS EL MÈTODE DE TÉMEZ.

S'ha procedit a la simulació dels cabals esperables a les dues conques estudiades mitjançant el mètode racional modificat de Témez, explicat amb anterioritat.

Per a cada conca s'han simulat tres esdeveniments amb una pluja associada a un període de retorn de 25, 50 i 100 anys. Així mateix, s'ha procedit a fer el càlcul del cabal esperable per a cada un dels casos estudiats mitjançant el treball de camp.

Les dades de precipitació s'obtenen d'una estació situada dins cada conca, en concret s'han emprat les precipitacions de les estacions B061 Sóller i B760 Pollença. Grimalt (1992) dona les quantitats que poden precipitar en 24 hores per cada període de retorn especificat anteriorment. Aquests valors es converteixen en el Pd que permet calcular la I de la fórmula de Témez.

A la taula següent es mostren les precipitacions esperables per a cada estació, mesurades en mm/24 hores.

Estació/ Id	25 anys	50 anys	100 anys
Pollença B760	160,0	179,4	198,6
Sóller B061	227,6	262,2	296,6

Taula 9.2 Plugues esperables segons el període de retorn. Font: Grimalt (1992).

Una vegada s'han obtingut les precipitacions, s'ha procedit a la recerca del llinar de correntia, anomenat P_0 a la fórmula a aplicar. Aquest valor s'ha decidit aplicar-lo de dues formes.

En primer lloc s'ha donat un valor de P_0 igual a 20 segons l'instrucció de carreteres 5.1-IC: Drenaje superficial (MOPU, 1990), que és l'emprada per a fer càlcul de cabals a les obres públiques i que recomana emprar aquest valor de manera simplificada per afavorir el desenvolupament dels càlculs.

Al mateix temps, s'ha procedit a fer el càlcul de P_0 a partir dels diferents usos del sòl de cada conca, seguint les instruccions existents al manual *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales* (MOPU, 1987) i que són recollides a altres manuals com la guia *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local* (ACA, 2003). En aquest cas, emprant mapes d'usos del sòl i imatges del visor CORINE s'han destriat els percentatges que cada ús té dins les conques estudiades. Aquest percentatge se converteix en km^2 de superfície, un valor que es multiplica per la xifra que apareix a la taula d'estimació inicial del llinar de correntia, que dona un llinar previ segons paràmetres com el tipus de sòl, la pendent i els trets hidrològics del sòl així com l'ús existent sobre el terreny.

Tabla. Estimación inicial del umbral de escorrentía P_0 (mm)						
USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	>3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	>3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	>3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	>3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	<3	R/N	30	19	13	8
Rotación de cultivos densos	>3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	>3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	<3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	>3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	<3	Pobre	*	34	19	14
		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33

1. N: DENOTA CULTIVO SEGÚN LAS CURVAS DE NIVEL.
R: DENOTA CULTIVO SEGÚN LA LÍNEA DE MÁXIMA PENDIENTE.
2. *: DENOTA QUE ESA PARTE DE CUENCA DEBE CONSIDERARSE INEXISTENTE A EFECTOS DE CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDA.
3. LAS ZONAS ABALANCADAS SE INCLUIRÁN ENTRE LAS DE PENDIENTE MENOR DEL 3%.

Taula 9.3. Estimació inicial del valor de P_0 . Font: MOPU (1987).

S'obté així un coeficient que cal després corregir segons un factor regional, que mostra Témez (1991), factor que té a veure amb la variació de les condicions d'humitat del sòl anteriors a la precipitació que genera la correntia i que inclou una majoració del coeficient per evitar sobrevaloracions del cabal. Pel cas de Mallorca aquest factor regional s'ha considerat que té un valor de 3 (Figura 9.1).

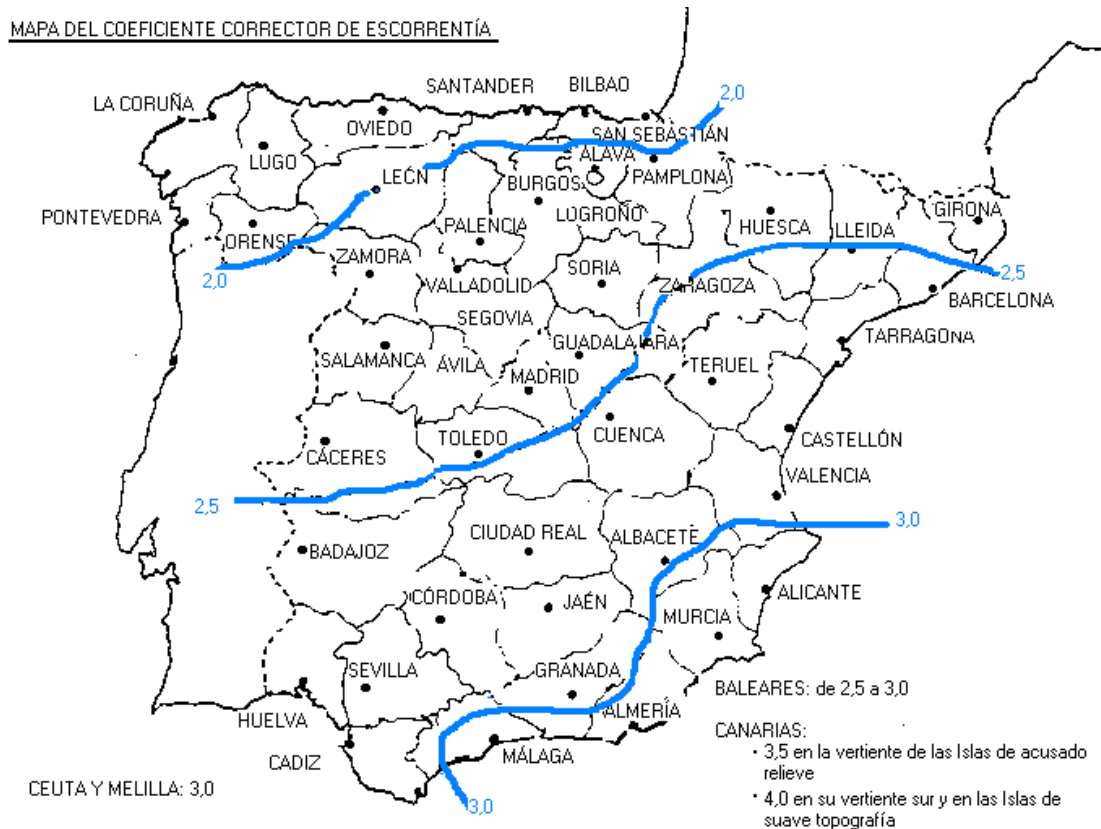


Figura 9.1 Coeficient corrector del llindar de correntia. Font: Témez (1991).

Per ambdues conques s'ha considerat que el tipus de sòl era de la classe B, amb una infiltració moderada i un drenatge de bo a moderat.

S'han destriat els següents usos del sòl:

- Urbà.
- Conreus de reguiu.
- Conreus de secà.
- Forestal.
- Matollar.

Els resultats que s'han obtingut es mostren a les taules següents, una del torrent de Sant Jordi i una altra pel torrent Major.

Ús del sòl	Extensió (km ²)	P ₀ inicial
Urbà	4,23	4
Reguiu	0,84	21
Secà	11,27	19
Forestal	7,83	34
Matollar	18,19	19

Taula 9.4 Llindar de correntia a la conca del torrent de Sant Jordi.

Ús del sòl	Extensió (km ²)	P ₀ inicial
Urbà	2,5	4
Reguiu	2,5	21
Secà	17,0	19
Forestal	15,0	34
Matollar	12,3	19

Taula 9.5 Llindar de correntia a la conca del torrent Major.

El resultat final reflecteix el llindar de correntia P₀ que caldrà aplicar a la fórmula per a trobar el valor C que permetrà conèixer el cabal esperat a cada conca estudiada.

Pel cas de Pollença el valor de P₀ és de 20,31 mm mentre que pel que fa a Sóller el valor és lleugerament superior, assolint els 22,90 mm.

Un cop es tenen els paràmetres que permeten fer el càlcul de C i de I ja es pot aplicar la fórmula del mètode racional modificat de Témez, que és:

$$Q = (C \cdot I \cdot A / 3,6) K$$

On:

Q= Cabal punta (m³/seg)

C= Coeficient de correntia

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

I= Intensitat de la precipitació (mm/hora), corresponent a una pluja de durada D, igual al temps de concentració (Tc)

A= Superfície de la conca (km²)

K= Coeficient d'uniformitat

Els valors de correntia per a cada conca apareixen a les taules següents, que indiquen els paràmetres més importants i els cabals estimables per a cada cas analitzat. En primer lloc, taules 9.6 i 9.7, es fa el càlcul amb el llindar de correntia igual a 20. En segon lloc apareixen les taules amb el llindar ponderat segons la heterogeneïtat dels usos del sòl (Taulas 9.8 i 9.9).

	Àrea (A)	Pendent (m/m)	Tc (hores)	Pd (mm)	I1/Id	I	P₀	C	Q (m³/s)
25	42,37	0,05	4,53	160,0	12	25,56	20	0,19	77,65
50	42,37	0,05	4,53	179,4	12	28,66	20	0,22	102,83
100	42,37	0,05	4,53	198,6	12	31,73	20	0,26	128,36
2004	42,37	0,05	4,53	135,0	12	21,57	20	0,14	49,81
2005	42,37	0,05	4,53	200,0	12	31,95	20	0,26	130,36
2007	42,37	0,05	4,53	177,4	12	28,34	20	0,22	99,41

Taula 9.6 Cabals esperables al torrent de Sant Jordi.

	Àrea (A)	Pendent (m/m)	Tc (hores)	Pd (mm)	I1/Id	I	P₀	C	Q (m³/s)
25	49,30	0,11	2,74	227,6	12	51,78	20	0,30	257,49
50	49,30	0,11	2,74	262,2	12	59,65	20	0,34	342,93
100	49,30	0,11	2,74	296,6	12	67,48	20	0,39	434,90
2006	49,30	0,11	2,74	121,0	12	27,53	20	0,11	54,17
2007	49,30	0,11	2,74	175,0	12	62,18	20	0,36	144,14

Taula 9.7 Cabals esperables al torrent Major.

	Àrea (A)	Pendent (m/m)	Tc (hores)	Pd (mm)	I1/Id	I	P₀	C	Q (m³/s)
25	42,37	0,05	4,53	160,0	12	25,56	20,31	0,19	75,90
50	42,37	0,05	4,53	179,4	12	28,66	20,31	0,22	99,98
100	42,37	0,05	4,53	198,6	12	31,73	20,31	0,25	125,99
2004	42,37	0,05	4,53	135,0	12	28,49	20,31	0,14	59,46
2005	42,37	0,05	4,53	200,0	12	42,41	20,31	0,25	156,80
2007	42,37	0,05	4,53	177,4	12	28,34	20,31	0,22	97,39

Taula 9.8 Cabals esperables al torrent de Sant Jordi.

	Àrea (A)	Pendent (m/m)	Tc (hores)	Pd (mm)	I1/Id	I	P₀	C	Q (m³/s)
25	49,30	0,11	2,74	227,6	12	51,78	22,90	0,25	220,57
50	49,30	0,11	2,74	262,2	12	59,65	22,90	0,30	298,59
100	49,30	0,11	2,74	296,6	12	67,48	22,90	0,34	383,36
2006	49,30	0,11	2,74	121,0	12	27,53	22,90	0,08	39,65
2007	49,30	0,11	2,74	175,0	12	62,18	22,90	0,31	118,58

Taula 9.9 Cabals esperables al torrent Major.

Els cabals resultants de l'aplicació dels mètodes indirectes i del mètode racional modificat de Témez es comparen amb els obtinguts mitjançant el treball post-esdeveniment al capítol següent.

Val a dir però que els valors resultat dels càlculs mostren grans disparitats, sobretot pel que fa a les quantitats resultat de l'aplicació del MRM. En

aquest cas, les diferències de cabal segons la pluja considerada, en relació amb els diferents períodes de retorn, són prou elevats.

10. RESULTATS

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

10.1 EL COMPORTAMENT DE LES CONQUES.

10.1.1 POLLENÇA.

L'estudi de camp de les torrendades que afectaren a la xarxa fluvial de la conca pollencina ha permés destriar tot un seguit de característiques que permeten diferenciar unes singularitats pròpies de cada esdeveniment.

En primer lloc s'ha de dir que es tracta de tres episodis prou diferenciats. El més important fou el de l'any 2004 per la seva virulència. En canvi, els fets de l'any 2005 es concentren al tram mitjà-baix de la conca amb aportacions molt destacades del torrent de Ternelles així com de xaragalls i cursos menors de la zona de Ca'n Sales. Els cabals foren sensiblement inferiors als de 2004 i no provocaren desbordaments ni embussaments dels canals afectats. La torrentada de 2007 mostra uns cabals inferiors a 2004 però superiors a l'any 2005 i un funcionament extens del curs mitjà-alt de la conca, quelcom relacionat amb el temporal de pluja que aportà quantitats destacables però sense puntes d'intensitat fora mida, el que provocà que els desbordaments fossin restringits bàsicament a espais rurals.

El funcionament del torrent durant la inundació de 2004 ve marcat per un trasvassament de cabals entre cursos a l'àrea de son Marc, concretament del torrent de Mortitxet cap el de Muntanya i de la vall de'n Marc (Figura 10.1).

Durant l'episodi el torrent de Mortitxet portava un cabal elevat, intensificat per les aportacions del torrent de Pedruixella. Aquest cabal va vessar en direcció sud per dins els camps de fruiters de son Marc (A). Els murs i reixats d'aquest espai de conreu suposaren un repressament de les aigües seguits de la ruptura dels obstacles el que provocà augments de velocitat del fluxe, erosió del terreny i increments en la força del cabal.

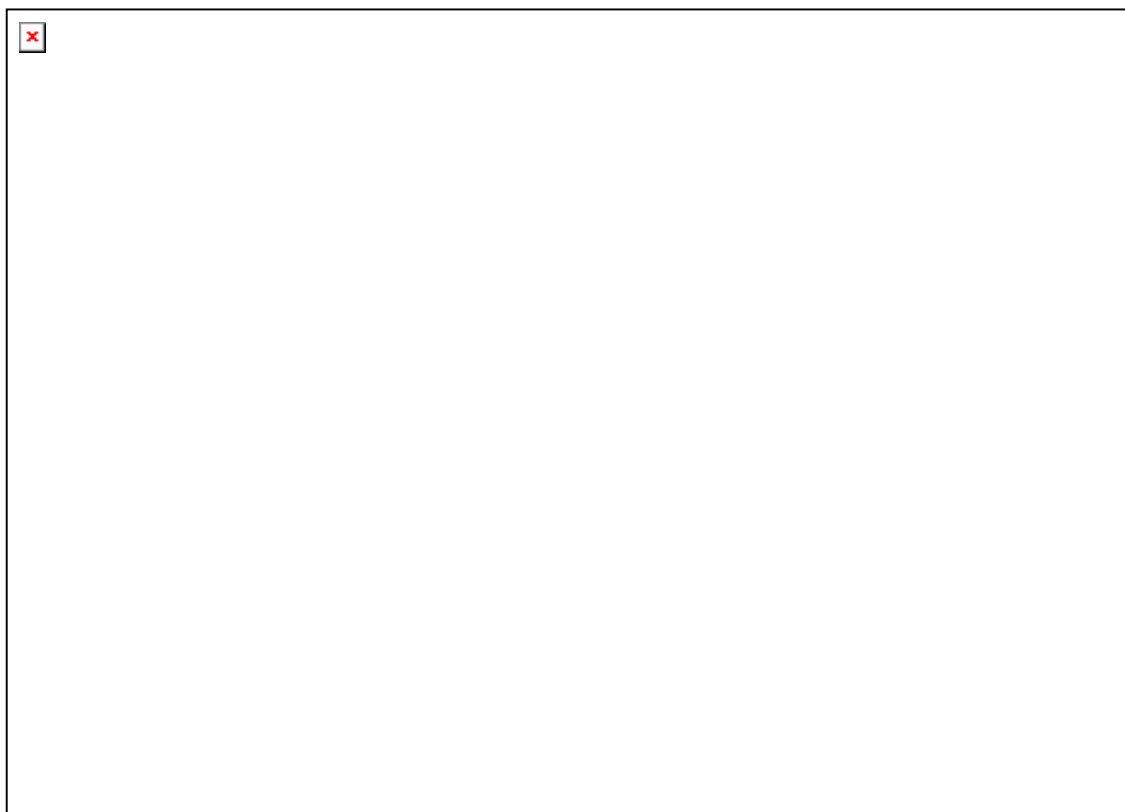


Figura 10.1 Trassament de cabals a l'episodi de 2004. Font: elaboració pròpia.

Aquest volum desbordat atravesava son Marc en direcció al torrent de Muntanya, que va veure el seu cabal gràcies a aquestes aportacions.

La part principal de la punta de desbordament va desguassar al canal en el punt de confluència dels torrents de Mortitxet i de Muntanya el que explica l'increment de la punta de revinguda entre els punts de mesura 1, 2 i 3 en relació amb el punt d'aforament número 4, ja dins el torrent de la vall de'n Marc (Taula 10.1).

També va escampar les seves aigües en direcció al curs principal el torrent de son Grua (C), una vegada superat el pont amb un vessament cap ambdós costats (Figura 10.2).

Punt de mesura	Secció (m ²)	Pendent (m/m)	Còdols (cm)	Velocitat crítica (m/s)	Cabal Costa	Cabal Riggs	Cabal Final (m ³ /s)
1	15,40	0.020	18	2.29	35.30	43.37	39.34
2	11,30	0,048	25	2.69	30.43	37.32	33.88
3	12,13	0.019	-	-	-	30.77	30.77
4	27,40	0.020	25	2.69	73.79	95.88	84.83

Taula 10.1 Comparació de cabals en els punts d'aforament.



Figura 10.2 El trasvassament de cabals de desembre de 2004 sobre una imatge satèl.lit. Font: Grimalt i Rosselló (2012).

Un altre fet destacable de les revingudes de 2004 és la destrucció de murs i marges situats a les vores dels llits. Un exemple és el torrent del Puig Ferrer que té un llit meandriforme amb trams reforçats amb murs de pedra en sec per a confinar el torrent dins el seu jaç, evitant que s'obrin les aigües en canals per dins els camps de conreu propers. La torrentada de 2004 va rompre el marge oriental i l'aigua se va desbordar cap a la carretera de Lluc, anegant un tram prou llarg.

Un tercer efecte de l'esdeveniment de desembre de 2004 fou la destrucció de camins i el desbordament de ponts, sobretot a la zona de capçalera, entorn dels torrents de Mortitxet i de la vall de'n Marc. La carretera Pollença-Lluc es va veure interceptada pel desbordament de les aigües als ponts del Salt de Pedruixella, pont del torrent de Son Grua, pont de ca'n Guilló i pont de ca'n Barrio.

Al mateix temps, es varen produir talls per desbordament a punts de la carretera paral·lels al curs del torrent així com talls per repressaments d'aigua tant a la carretera principal com a camins privats situats dins les finques per on corren els torrents, com per exemple dins son Marc (Figura 10.3).

El desbordament dels ponts afectats per la torrentada està relacionat amb el rebliment dels seus ulls per mor de la càrrega sòlida arrossegada per l'aigua.

El torrent de sant Jordi es caracteritza per remoure una important càrrega sòlida formada per còdols producte de l'acció torrencial (Grimalt i Rodríguez, 1992). Un exemple és el pont de son Grua, en el que la materia arrossegada quasi va cegar els tres ulls del torrent (Figura 10.4). La manca d'espai per contenir el fluxe provocà que l'aigua sobrepassés la via fent malbé el camí així com un habitatge situat aigües avall.



Figura 10.3 Pont de son Marc, superat per la torrentada de 2004 que danyà el camí a cada costat del pont. Font: M. Grimalt.



Figura 10.4 Pont del torrent de son Grua. Font: M. Grimalt.

Com s'ha esmentat abans, les torrentades de novembre de 2005 i abril de 2007 foren sensiblement inferiors en relació a les de 2004 tant a nivell de cabals com de danys provocats.

Pel que fa als fets de l'any 2005 l'aspecte més destacable fou la força erosiva de les aigües desbordades, sobretot al tram mitjà de la xarxa. Un exemple d'aquesta activitat erosiva se troba en el torrentó de son Sales, que aboca les seves aigües al torrent de la vall de'n Marc abans d'arribar al nucli urbà de Pollença. Durant la revinguda, el desbordament del fluxe fora el llit provocà la destrucció dels marges abans i després de la carretera Pollença-Lluc així com una notòria erosió del fons del propi curs (Figura 10.5).



Figura 10.5 Marges erosionats i llit malmés al torrent de son Sales. Font: J. Rosselló.

La torrentada d'abril de 2007 mostra, com un fet a destacar, els desbordaments de petits cursos a la zona de capçalera. Uns desbordaments que foren espacialment localitzats i restringits a zones rurals, sobretot camps de conreu situats als voltants dels torrents com el de Mortitxet o de Muntanya (Figura 10.6).

Altres efectes d'aquests vessaments esporàdics foren els talls puntuals de camins particulars a causa de l'acumulació d'aigua així com la formació de xaragalls en aquelles vies de comunicació fora asfaltar i que quedaren afectades per les restes arrossegades per la torrentada.



Figura 10.6 Torrent de Mortitxet dia 14 d'abril de 2007. Font: M. Grimalt.

Val a dir que en tots tres casos no s'han pogut realitzar totes les mesures que haurien fet falta per mor de problemes com, per exemple, l'accés a propietats privades, especialment al tram mitjà i alt de la conca que

suposaren no poder accedir al llit d'alguns afluents, la manca de senyes adients a molts espais ja que foren retirades ràpidament amb actuacions de neteja i reconstrucció de punts afectats i, en el tram baix, l'entramat de camins i construccions que impedièn l'accés a les lleres del torrent i, per tant, a les fites deixades per les aigües en el seu recorregut.

10.1.2 Sóller.

Les dues torrentades estudiades a la vall de Sóller mostren certes similituds pel que fa als punts d'impacte de les aigües però, a la vegada, les diferències a les precipitacions causants de les crescudes i en el comportament dels cabals són prou destacables.

Els punts afectats per les dues torrentades es situen a la part baixa de la conca, dintre del darrer quilòmetre del torrent Major abans de la seva desembocadura. Es tracta de la zona coneguda com es Camp de sa Mar i sa Cimentera. També hi hagueren vessaments més petits aigües amunt a la zona de l'Horta però en aquest lloc els espais inundats tenen més a veure amb el mal drenatge de les precipitacions que amb sortides de mare dels torrents.

El 24 de desembre de 2006 el torrent Major no arribà al desbordament per uns 20 cm, alçada que mancà a l'aigua per botar per sobre els murs de ciment que tanquen el jaç a la seva part final (Figura 10.7). Les inundacions de soterranis i plantes baixes a la zona de la platja de'n Repic, al camp de sa Mar, així com a camps de conreu situats entorn de la Roca Roja foren per mor de la sortida de cabal del llit provocada per l'impacte de les aigües amb obstacles arrossegats pel fluxe i també pel xoc de les aigües amb les parets que tanquen el jaç a la seva part final, on està completament encimentat. El bot sobre els murs provocà el repartiment del desbordament pels terrenys situats a la vora del torrent, terrenys ja abeurats després de les quantitats de pluja precipitades, entorn de 400 mm, i que no varen poder assimilar aquesta nova aportació hídrica.

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Pel que fa als negaments de baixos i soterranis, aquests tenen a veure amb la impermeabilització de superfícies fruit de l'ús urbà del sòl (Figura 10.8). Una mitja dotzena de cases en foren afectades així com l'estació depuradora de son Puça i es varen produir esboldrecs a marges que varen tenir com a resultat tancaments puntuals de camins i carrers fins que la terra i les pedres caigudes foren retirades.



Figura 10.7 El torrent Major al pont del Camp de sa Mar. Font: J. Rosselló.



Figura 10.8 Carrer anegat a la platja de'n Repic. Font: J. Rosselló.

Els fets del 14 d'abril de 2007 sí que es corresponen amb una veritable inundació pel vessament de les aigües del torrent Major. Si bé el principal impacte es produeix de nou a la part baixa, entre l'Horta i el camp de sa Mar, també tenen lloc sortides de mare a altres punts de la conca com el torrentó de ca'n Creueta, afluent del torrent de Biniairaix, que va vessar al llarg del seu recorregut inundant part del carrer proper.

A la zona del torrent Major la sortida de mare de les aigües provocà el tall de la via del tramvia, que quedà anegada, així com de la carretera que porta a la platja de'n Repic (Figura 10.9). Testimonis orals parlen que a les 16 hores el nivell del torrent va sobrepassar els murs de ciment a la vessant dreta, tallant la via del tramvia primer i després la carretera que du al port devers les 18 hores. Fins aquell moment no hi havia hagut cap avis al servei d'emergències ja que no hi havia hagut cap previsió de possibles inundacions (Setmanari Sóller, 2007).



Figura 10.9 Desbordament del torrent Major a sa Cimentera. Font: J. Rosselló.

L'aigua desbordada assolí nivells d'un metre als camps annexes al torrent, afectant vivendes i espais municipals. Dins un aparcament dotze vehicles quedaren anegats i, donada la impossibilitat de les aigües de sortir de l'espai encimentat, els nivells assoliren fins a 1,50 metres a punts d'aquest aparcament (Figura 10.10).



Figura 10.10 Vehicles atrapats per l'aigua al parking de Ca'n Miró. Font: J. Rosselló.

La carretera del Port va ser tancada entre sa Torre i el pont de la platja de'n Repic. Així mateix, la carretera entre aquest pont i la zona del Far de la Punta Grossa va quedar també tallada. A la zona del túnel de sa Mola el pas inferior va ser tallat per la quantitat d'aigua i pedres que se precipitaven des de la muntanya.

Cap a les 21 hores, i malgrat no va deixar de ploure, la intensitat de la precipitació va minvar i el volum d'aigua del torrent s'estabilitzà, de manera que no va haver-hi més vessaments.

Apart de les pèrdues en mobiliari urbà, camins i carrers, els danys a la propietat privada foren molt alts, sobretot en els habitatges particulars (electrodomèstics, mobles) i a les finques agrícoles de la zona de l'Horta i el Camp de sa Mar, amb nivells propers a 1 metre (Figures 10.11 i 10.12).



Figura 10.11 Casa negada al Camp de sa Mar. Font: J. Rosselló.



Figura 10.12 Restes de la torrentada al torrentó de Ca'n Creueta. Font: J. Rosselló.

Com bé recordà la premsa local i forana, fou el primer pic des que es va encimentar el llit del torrent Major en els anys 80, que tenia lloc un

desbordament d'aquest tipus, només comparable amb les inundacions de 1972 i 1974.

Pel que fa a les precipitacions caigudes, per una banda es tracta d'episodis de pluges continuades, cinc dies en el cas del desembre de 2006 i gairebé una setmana l'any 2007. Malgrat tot, si bé els valors totals són semblants, el factor diferencial sembla ser la intensitat de la precipitació.

Així, el 14 d'abril es parla d'intensitats de 100 mm en 8 hores, el temps que va des de les 10 del matí fins a les 18 hores de l'horabaixa, quan el desbordament s'escampa definitivament pel camp de Sa Mar. A l'observatori de sa Vinyassa s'assoliren 175 mm/m² el dia dels fets i 273 mm plogueren a l'estació Es Marroig. El succeït de desembre assoleix totals de 300-400 mm durant els 5 dies de pluja, repartits de manera menys sobtada i amb un màxim de 168,8 mm el dia anterior a la torrentada. Només això pot explicar que els vessaments d'aquest episodi fossin molt localitzats i de menor entitat que el que passà l'any següent.

10.2 ELS CABALS

L'estudi dels cabals que s'han assolit a tots els episodis estudiats s'ha completat amb l'ús d'altres mètodes de càlcul de cabal, el que permet comparar les dades aconseguides amb esdeveniments reals i les dades que s'obtenen mitjançant fórmules que tenen en compte valors com la superfície de la conca o el coeficient de correntia de la vessant estudiada.

Els resultats comparats mostren les grans diferències entre els valors reals, de "camp", i els esperats, els de "gabinet".

En primer lloc cal analitzar els valors resultat del treball de camp en comparació amb aquells que s'han obtingut mitjançant els mètodes indirectes, és a dir els de González Quijano, Zapata i Heras. Tots tres basen els resultats en l'àrea de la conca estudiada, malgrat que Heras introduïx

altres factors com un coeficient de correntia de la conca i una intensitat de la precipitació.

Els resultats mostren com el cabal màxim assolit a la conca del torrent de Sant Jordi a partir dels valors reals és inferior als valors de les fórmules que només tenen en compte la superfície de la conca estudiada mentre que, en comparació amb la formulació d'Heras, el cabal és sensiblement superior, 57 m³/s més (Taula 10.2).

En el cas del torrent Major, el cabal màxim assolit per la conca són 66,14 m³/segon a l'episodi d'abril de 2007, el que és un valor sensiblement inferior als aconseguits mitjançant els mètodes indirectes. Si González Quijano i Zapata donen valors superiors als 200 m³/segon, Heras no queda lluny amb un cabal esperable de 168,25 m³/segon, 104 m³ més que el valor més elevat calculat amb el treball de camp.

CONCA/TORRENT	G.QUIJANO	ZAPATA	HERAS	CABAL MÀXIM ASSOLIT
MAJOR	222,70 m ³ /s	217,73 m ³ /s	168,25 m ³ /s	66,14 m ³ /s
SANT JORDI	201,51 m ³ /s	198,81 m ³ /s	101,41 m ³ /s	158,36 m ³ /s

Taula 10.2 Comparativa de cabals a ambdues conques. Font: elaboració pròpia.

Queda idò clar que els cabals que s'han obtingut mitjançant el treball de camp tenen uns valors sensiblement inferiors als que resulten de l'aplicació de les diferents fórmules indirectes, sobretot pel que fa a la conca de Sóller, on el cabal punta és de 66,14 m³/s (episodi de 2007) mentre que el cabal màxim resultat de l'aplicació de la fórmula de G. Quijano és de 222,70 m³/s, un 337% més.

En el cas de la vessant pollencina, els cabals són superiors als calculats amb el treball de camp en un 127% i un 125% aplicant les fórmules de G. Quijano i de Zapata mentre que, emprant el càlcul d'Heras, el cabal real és

superior a l'esperat ja que assoleix un valor de 158,36 m³/s (episodi de 2004) pels 101,41 m³/s d'Heras, el que suposa que és un 64% inferior.

L'aplicació del MRM de Témez mostra uns resultats que presenten encara majors diferències. Els cabals que les conques assoleixen mostren uns valors que depenen en gran mesura si s'empra la pluja real, és a dir, la que va caure en els episodis estudiats, o bé s'empra la pluja esperable segons els períodes de retorn de 25, 50 i 100 anys que s'han considerat.

En aquest darrer cas els cabals són considerablement superiors als cabals resultants de la feina de camp, sobretot en el cas de Sóller, on la punta de crescuda pot arribar als 434,90 m³/s quan s'aplica $P_0=20$ i la pluja esperable en 100 anys. A Pollença el valor màxim és de 156,80 m³/s considerant la precipitació de l'esdeveniment de l'any 2005 i un coeficient de correntia de 20,31 mm.

El coeficient de correntia també influeix en l'increment dels valors dels cabals a ambdues conques. En els dos casos aplicar P_0 amb un valor estàndard de 20 dóna uns resultats sensiblement superiors que si s'empra el coeficient ponderat segons els usos del sòl. El valor del cabal augmenta a mesura que s'incrementa la precipitació al allargar-se el període de retorn.

Amb el valor de P_0 ponderat el valor del cabal minva encara que és més alt que els cabals que s'obtenen a cada episodi estudiat. Només en dos casos, la inundació de Pollença de l'any 2004 i la revinguda del torrent Major de l'any 2006, el valor del cabal que s'obté aplicant les fórmules del treball de camp és superior al que resulta de l'aplicació del MRM (Taula 10.3).

Lloc/ Any	MRM P_0 standart	MRM P_0 Ponderat	Cabal mesurat camp
Sant Jordi/2004	49,81 m ³ /s	59,81 m ³ /s	158,36 m ³ /s
Major/2006	54,17 m ³ /s	39,65 m ³ /s	43,59 m ³ /s

Taula 10.3 Valors de cabal comparats. Font: elaboració pròpia.

L'aplicació de les precipitacions reals per al càlcul del MRM mostra les dificultats de convertir aquesta pluja que cau en 24 hores en uns valors que consideren la intensitat horaria com s'aplica en la fórmula de Témez. Aquesta modificació de la realitat suposa que els cabals esperables siguin superiors als que en realitat es mesuraren. El MRM no té en compte factors antròpics com el marjament o la construcció d'elements que inhibeixen la correntia de manera que la punta d'inundació al final de la conca és més alta que el cabal màxim resultat de l'aplicació de les fórmules de Costa i Riggs a les mesures reals realitzades.

Les mesures de cabals estimats a les dues conques objecte d'aquest estudi mostren diferències a considerar. Així, per una banda, en el cas del torrent Major en cap episodi es superen els 100 m³/s de cabal màxim mentre que en el torrent de Sant Jordi aixó només passa en una ocasió (Taula 10.4), en concret a la torrentada del desembre de 2004.

Torrent/Any	2004	2005	2006	2007
Major	-	-	43,59	66,14
Sant Jordi	158,36	61,54	-	65,80

Taula 10.4 Cabals màxims (m³/s) estimats a partir del treball de camp.
Font: elaboració pròpia.

No s'aprecia cap relació entre la punta de cabal i les dimensions de la conca ni amb el recorregut del llit principal. Els valors baixos si que mostren una certa relació amb les propietats morfomètriques de les dues vessants així com amb els resultats dels índexs aplicats, que en tots casos parlen d'un potencial torrencial de tipus baix per a cada conca.

Malgrat les quantitats de precipitació caigudes a la majoria d'episodis, superiors als 120 mm, les puntes de cabal no s'acosten en cap moment als màxims que s'han identificat en altres episodis d'inundacions que han afectat a Mallorca.

En el cas de Pollença, i com s'ha indicat anteriorment, hi ha com a precedent immediat les revingudes ocorregudes l'octubre de 1990 mentre que per Sóller no existeixen mesures que permetin comparar cabals ja que les darreres inundacions importants varen tenir lloc a la dècada dels anys 70 del segle XX, concretament el 1974 i 1978.

El torrent de Sant Jordi presenta, per l'episodi del 1990, una punta de cabal de 101,30 m³/s però el seu afluent, el torrent de Ternelles assolí un cabal mesurat de 206,8 m³/s, una quantitat a la que en cap cas se varen acostar els valors dels anys 2004, 2005 i 2007, malgrat que les precipitacions fossin semblants, entorn dels 200 mm (Grimalt i Rodríguez, 1992).

Les diferències entre els cabals assolits es fan encara més evidents si la comparació se fa amb les inundacions que major impacte i ressó varen tenir a l'illa de Mallorca a finals del segle passat. Les torrentades del 6 de setembre de 1989 a la vessant oriental i a la vessant sud assoliren unes puntes mesurades mitjançant treball de camp que deixen en no res els valors que s'han obtes en aquesta recerca.

Valors superiors als 700 m³/s destaquen a l'episodi de setembre de 1989, amb un màxim de 1054 m³/s al torrent de son Negre a Campos (Grimalt et al, 1989). Conques de dimensions molt més petites que les dues objecte d'estudi portaren cabals molt superiors en aquella data (Taula 10.5) amb unes quantitats de precipitació que variaven entre els 112 i els 250 mm/24 hores, no gaire diferents a les que provocaren els esdeveniments analitzats a aquesta tesi.

Torrent	Àrea (km²)	Cabal màxim (m³/s)
Cala Murada	25,5	707
Porto Petro	24,48	859
Ses Boqueres	20	940

Taula 10.5 Àrea dels torrents afectats i cabals assolits. Font: Grimalt et al (1989).

A tall d'exemple, s'ha fet el càlcul del cabal esperable mitjançant el MRM de Témez per la conca on s'ha mesurat la punta més elevada, els 1054 m³/s del torrent de son Negre a Campos. Les dades del torrent (Taula 10.6) unides a la precipitació màxima mesurada aquell dia, 200 mm a l'estació de Felanitx, donen com a resultat un cabal punta esperable de 696,44 m³/s, el que es sensiblement inferior al valor resultant del treball de camp desenvolupat a aquella zona.

Superfície de la conca (km²)	392
Longitud del canal principal (m)	30200
Desnivell (m)	400
Pendent (m/m)	0,013
Temps de concentració (hores)	9,12
Q (m³/s)	696,44

Taula 10.6. Dades del torrent i cabal màxim aplicant el MRM. Font: elaboració pròpia.

La comparació entre aquest episodi de la vessant sud de Mallorca amb els ocorreguts a les vessants de la serra de Tramuntana que s'han estudiat aquí mostra com l'ús de mètodes de càlcul no sempre suposa exactitud. En els casos de Sóller i Pollença els resultats d'aplicar fòrmules a les conques són sensiblement superiors als cabals resultat de les mesures preses in situ mentre que en el cas de Campos passa tot el contrari, els valors de camp són gairebé un 50% majors que el calculat mitjançant Témez. No és estrany doncs l'impacte que va tenir aquella torrentada sobre el territori insular donats els cabals que s'assoliren, del tot impensables aplicant les fòrmules de càlcul a l'ús.

Per a finalitzar amb els resultats dels cabals cal fer referència a la distribució dels mateixos al llarg de la xarxa torrencial de les dues conques estudiades.

En el cas del torrent de Sant Jordi, els cabals més elevats mostren una tendència a produir-se als sectors de capçalera o al tram mig del recorregut.

A l'episodi de l'any 2004 el major valor punta es dona al tram alt de la conca, a la confluència dels torrents de Pedruixella, Mortitxet, Puig Ferrer i son Grua, amb quantitats properes als 100 m³/s. Aigües avall, i després d'un màxim de 158,36 m³/s, es produeix una laminació del cabal que només s'incrementa aprop del nucli urbà quan s'afegeixen al torrent les aportacions que provenen de la branca de Ternelles. El cabal s'incrementa des dels 58 m³/s fins a un valor màxim de 100,55 al punt d'aforament 10, situat al bell mig de la plana pollencina. Els cabals obtinguts es presenten a la figura següent (Figura 10.13) en forma de grafo per afavorir la visió de la seva distribució.

Les oscil·lacions que s'observen en els cabals mesurats s'atribueixen a desbordaments puntuals que varen fer que part de la torrentada no passàs pel llit del torrent i, per això, no va poder ser comptabilitzada. Els majors efectes de la torrentada foren els desbordaments a la zona de Son Marc, amb importants danys a conreus, marges i parets i també a camins i carreteres.

A l'esdeveniment de l'any 2005 els cabals en capçalera no foren tan destacats com l'any anterior. El valor màxim mesurat tan sols arriba als 25 m³/s després de l'aiguabarreig dels torrents que s'ajunten a l'inici de la vall de'n Marc. Posteriorment es produeix una destacable pèrdua de puntes per mor de processos d'infiltració per davall dels dipòsits de canal, molt potents a n'aquesta zona.

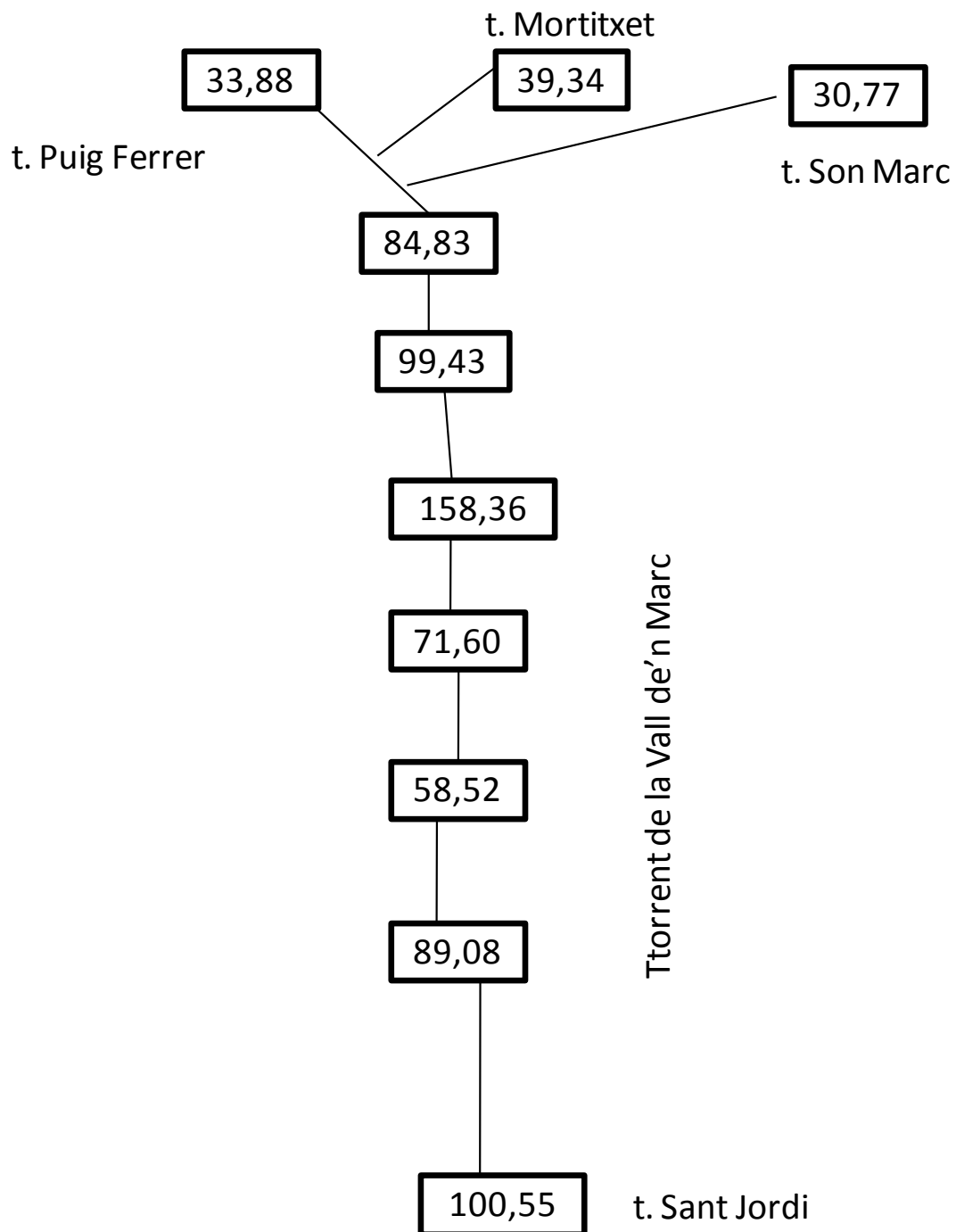


Figura 10.13 Cabals punta al torrent de Sant Jordi. 6 desembre 2004.

De bell nou, com al cas de 2004, a la rodalia de Pollença es produeix un increment del cabal que augmenta de forma clara amb les aportacions del torrent de Ternelles, amb una punta de fins a 51 m³/s. Els cabals que provenen de la vall de Ternelles foren molt més importants que no els que

provenien de la vall de'n Marc i, segurament, no confluenen al mateix temps ja que, aigües avall, la punta de cabal no incrementa el seu ordre de magnitud si no que es manté pràcticament estable, entorn dels $45 \text{ m}^3/\text{s}$, fins arribar a la desembocadura (Figura 10.14). És doncs clar que, en aquest episodi de novembre de 2005, la generació de la punta de cabal es produeix al tram mig de la conca, una punta que amb la que prové de Ternelles, assoleix el seu màxim amb un valor de $46,19 \text{ m}^3/\text{s}$. Els cabals mesurats foren inferiors als de l'any anterior, sense desbordaments ni embussos destacables com en el cas de desembre de 2004. La majoria de l'aigua va córrer dins els llits de forma canalitzada.

La torrentada d'abril de 2007 mostra de nou uns cabals importants a les branques que originen el torrent de la vall de'n Marc. Les aportacions del torrent de Mortitxet ($21,02 \text{ m}^3/\text{s}$) juntament amb les del torrent de Molinet generen la punta d'avinguda que va incrementant el seu valor a mesura que altres branques afluent incorporen les seves aigües a la xarxa principal (Figura 10.15). S'arriba així a la zona urbana de Pollença amb un cabal punta de $44,60 \text{ m}^3/\text{s}$, quantitat que no s'incrementa a causa de la manca d'aportació de la branca de Ternelles, que fou molt significativa a l'episodi de 2005 però que, en aquest cas, no suposà cap canvi en el cabal del torrent. Cal destacar que els cabals en el curs alt de la conca foren superiors respecte a l'any 2005 però el funcionament de la xarxa fou generalitzat encara que sense puntes de gran intensitat el que provocà que no hi hagi increments sobtats de cabal en tot el recorregut. Així, els desbordaments foren molt localitzats i afectaren, sobretot, espais rurals.

A la conca del torrent Major la distribució de les mesures de cabal mostra una linealitat molt marcada des de la capçalera fins al final del recorregut del torrent. Els cabals es distribueixen de menys a més des dels punts d'observació situats aigües amunt cap aquells situats al fons de la vall.

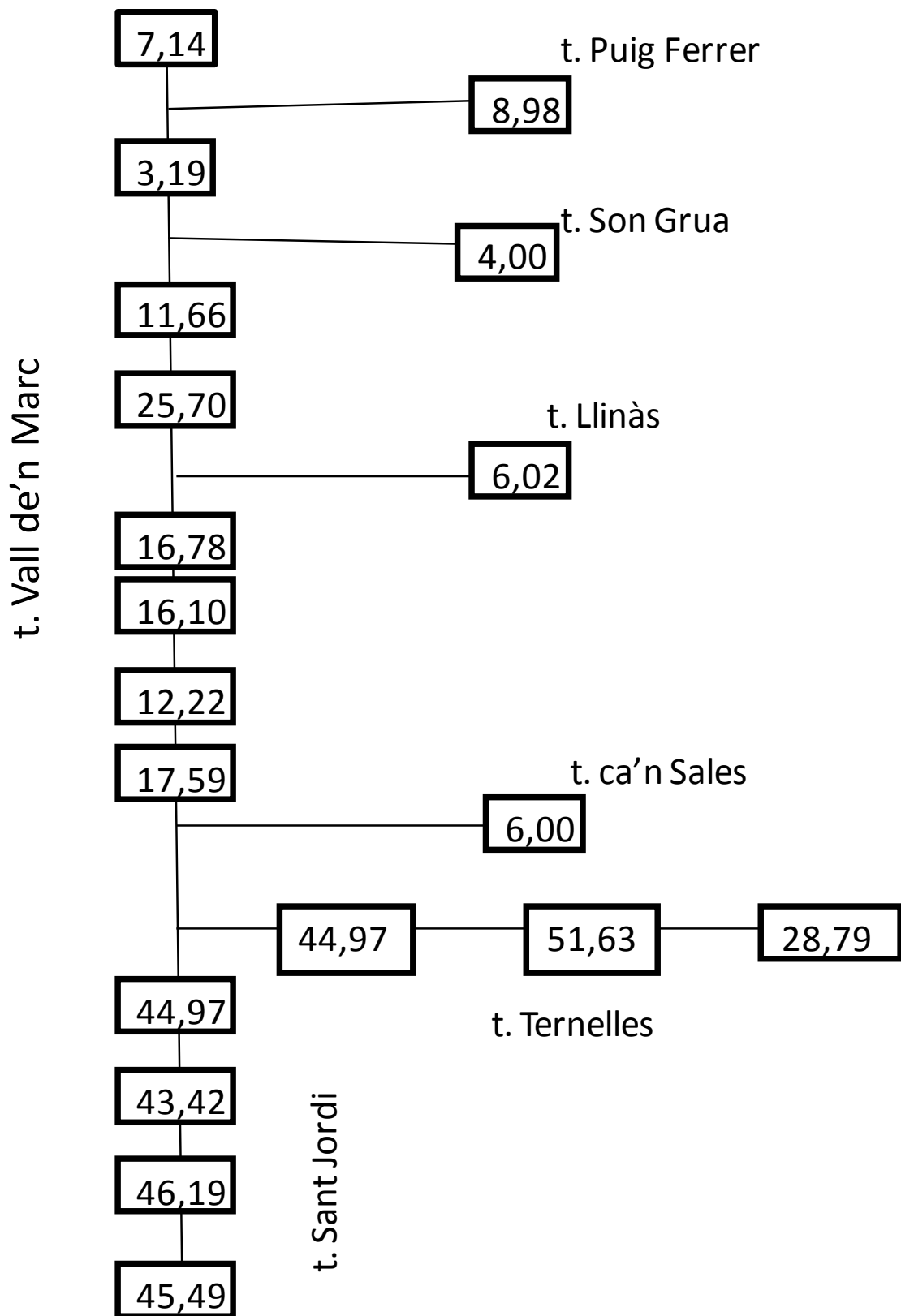


Figura 10.14 Cabals punta al torrent de Sant Jordi. 11 novembre 2005.

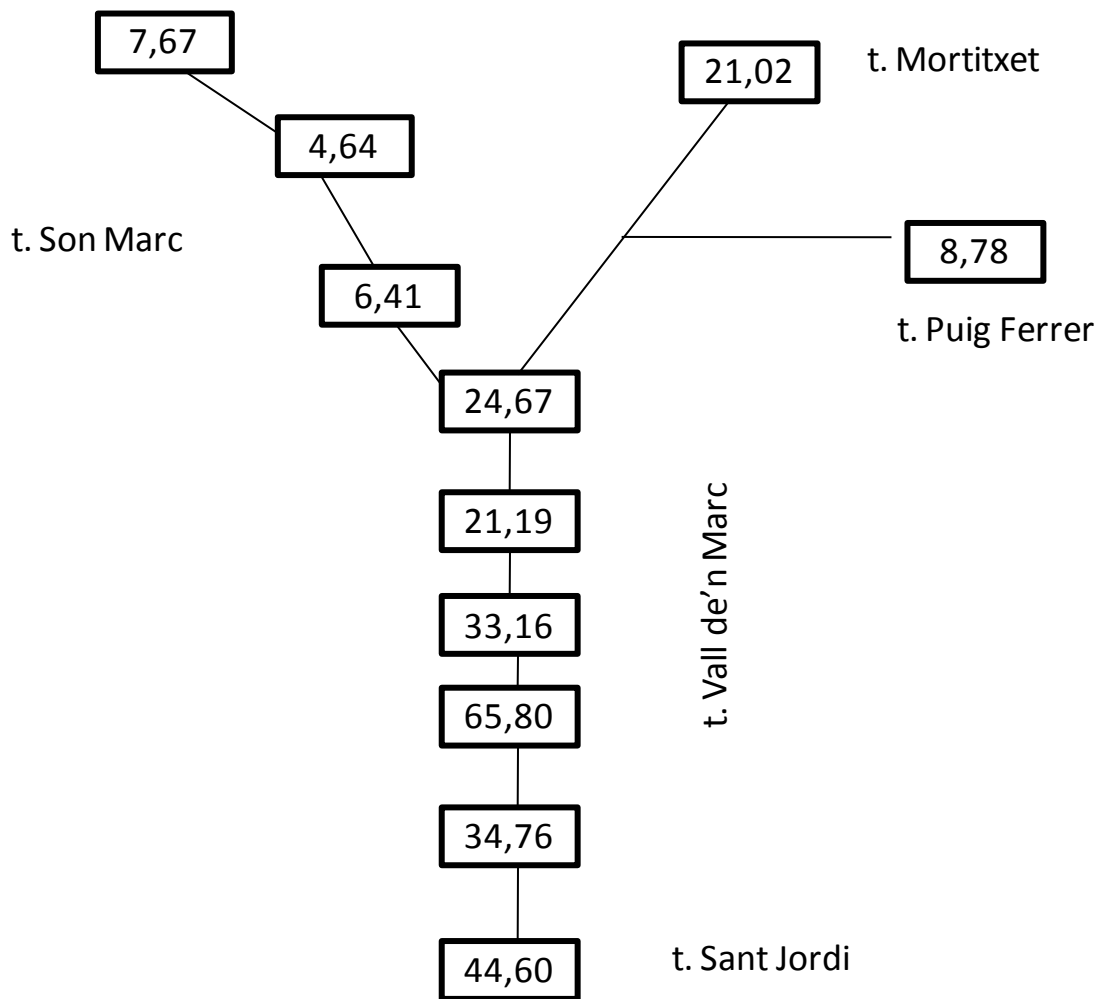


Figura 10.15 Cabals punta al torrent de Sant Jordi. 14 abril 2007.

A l'episodi de desembre de 2006 els valors més elevats s'assoleixen als aforaments del tram mig, amb valors de 43,59 i 40,46 m³/s, mentre que la darrera mesura és inferior a les anteriors per mor de l'escampament puntual del cabal fora del llit (Figura 10.16).

Al punt d'unió dels tres torrents que formen el Major no hi ha correlació entre les aportacions dels mateixos. La seva suma té un valor de 54,11 m³/s i la mesura realitzada pocs metres després dona un cabal de 26,32 m³/s.

El cabal es va incrementant aigües avall, bàsicament per les aportacions de síquies i altres elements hidràulics ja que les branques afluent del torrent no duien cabals significatius durant aquest episodi.

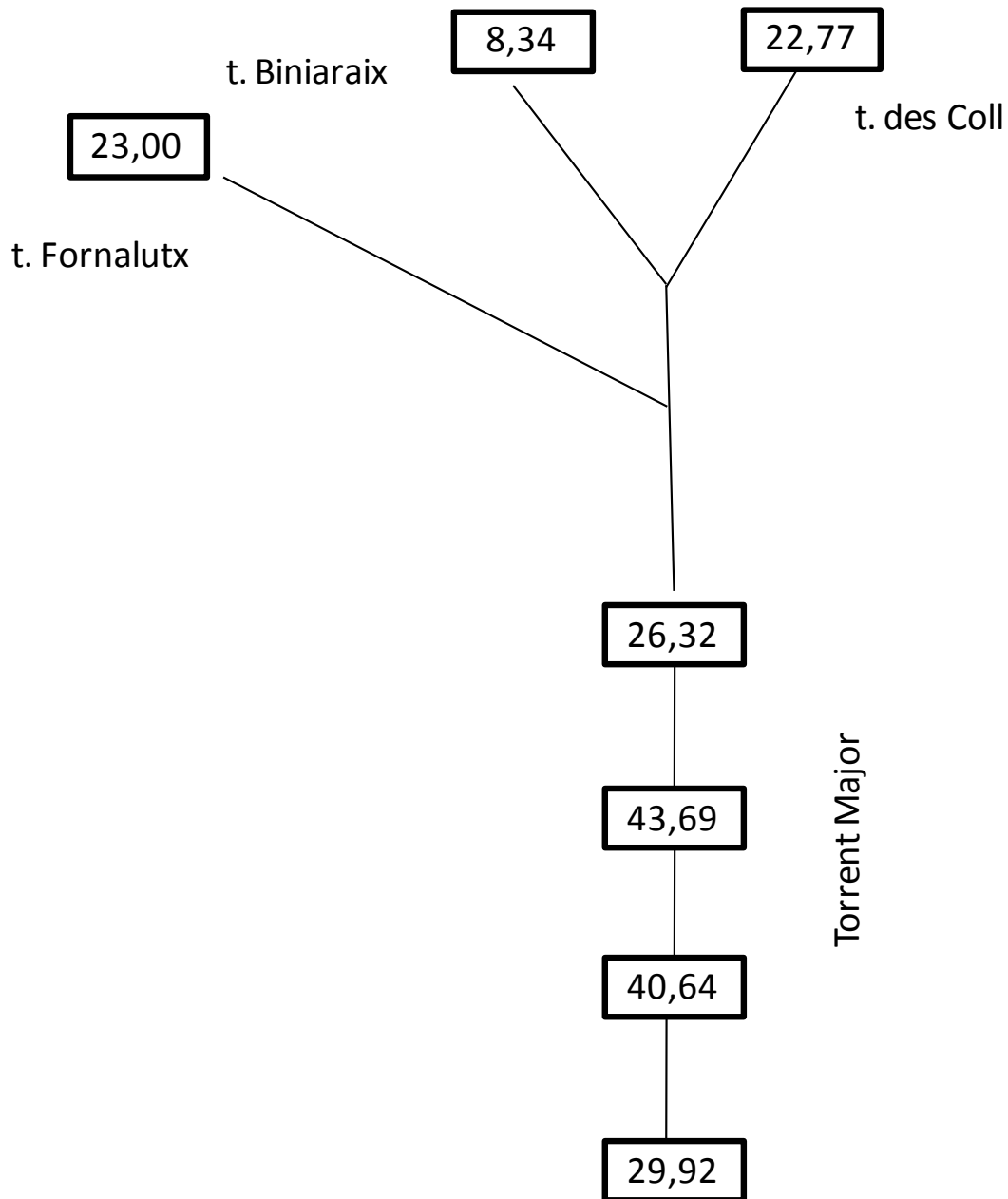


Figura 10.16 Cabals punta al torrent Major. 24 desembre 2006.

Les pèrdues que apareixen quantificades entre els dos punts de mesura al tram mitjà són atribuïdes a processos d'infiltració dins el llit, processos que són prou habituals a la vessant de Sóller, com mostren els aforaments de la Direcció General de Recursos Hídrics (Rosselló, 2001).

A l'episodi de l'any 2007 la linealitat en la distribució dels cabals punta es manté. També hi ha una manca d'aportacions de certs torrents de la xarxa,

com per exemple el de Biniaraix, on la poca quantitat de cabal provocà que s'hi fes cap mesura. Tampoc funcionaren els afluents del torrent Major situats a la seva vessant occidental, com ja va passar a l'any 2006.

L'increment del cabal als torrents del Coll i de Fornalutx és clar durant el seu recorregut però, una vegada units i formant el curs principal, la suma dels cabals mesurats torna a ser inferior que el total esperable, 43,41 m³/s mesurats front als 48,60 esperats. Aquest fet s'atribueix a la pèrdua per infiltració als trams naturals del recorregut. Una vegada s'arriba al tram baix, amb el llit encimentat, el cabal augmenta de manera constant (Figura 10.17). En el punt de mesura de Ca N'Aí es comptabilitzaren 43,41 m³/s, que sumats als 8,24 que provenen de la branca de's Jaiot suposarien un cabal de 51,65 m³/s. La punta observada fou de 52,46, lleugerament superior i provocada segurament per les aportacions d'aixugadors de finques veïnes al llit.

Al tram final del recorregut, uns 400 metres abans de la desembocadura, la darrera mesura dóna un cabal de 66,14 m³/s junt abans del punt on es va produir el vessament de les aigües que tallaren la via del tramvia així com la carretera que va des de Sóller fins al Port.

En aquest episodi hi va haver també un funcionament de petits torrents com el de Ca'n Creueta, afluent del de Biniaraix, que va botar un petit pont provocant la inundació del carrer que porta el mateix nom. La manca de senyes va impedir el seu estudi.

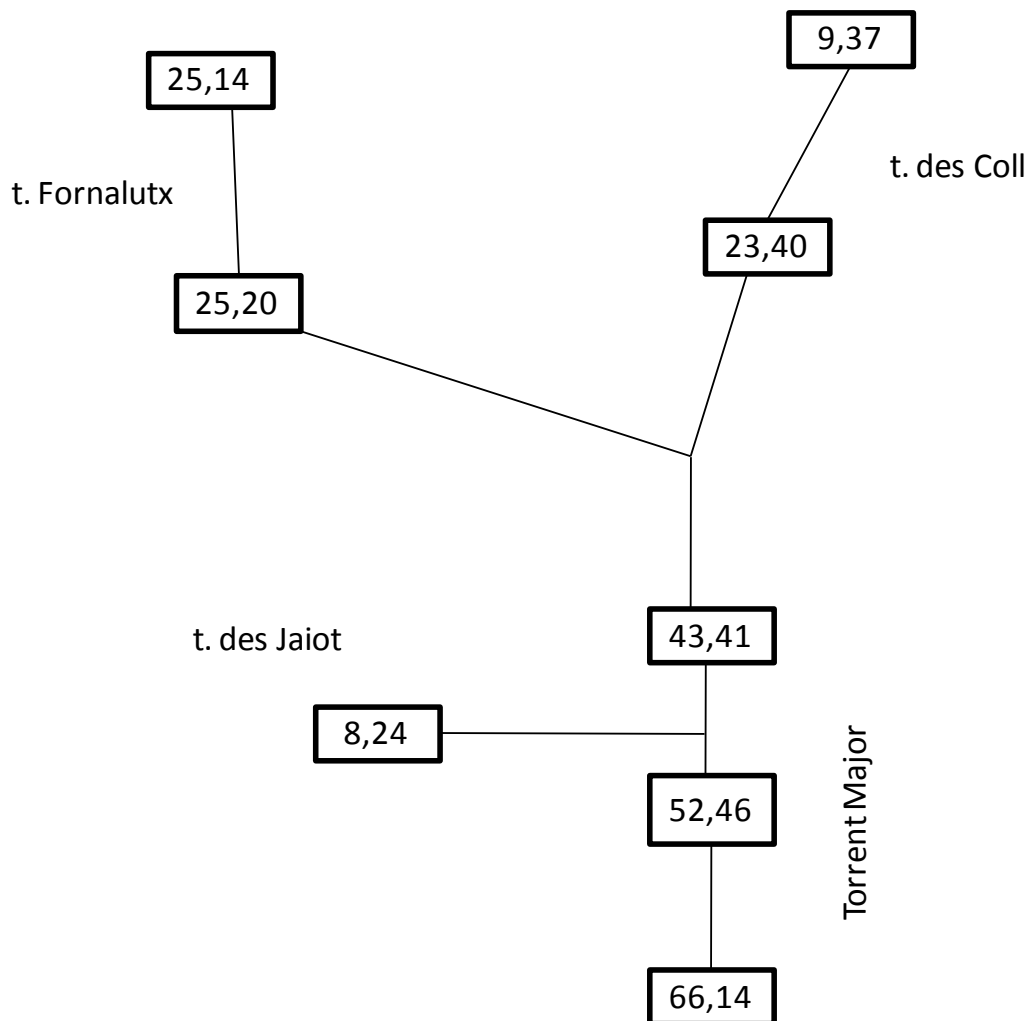


Figura 10.17 Cabals punta al torrent Major. 14 abril 2007.

10.3 CLASSIFICACIÓ DE LES INUNDACIONS

Segons els estudis de la Direcció General de Recursos Hídrics del Govern Balear, el risc d'inundació a les conques estudiades oscil·la entre el valor 2, nivell mig, i el valor 4, risc molt alt.

Per a comparar aquests valors amb els episodis torrencials estudiats, s'ha desenvolupat una classificació dels esdeveniments de 2004, 2005, 2006 i 2007.

Dins l'estudi de les torrentades i inundacions hi ha un apartat que tracta de la seva classificació, sobretot per a desenvolupar estudis de caire històric i també per afavorir la comparació de succeïts.

La manca de dades tant a nivell de pluges com de cabals assolits provoca una incertesa a l'hora de valorar l'impacte d'aquests fenòmens, de manera que s'han establert uns criteris que permeten classificar el tipus d'esdeveniment a partir dels danys provocats.

Aquest tipus de classificació té l'avantatge que pot ser emprada per a casos històrics, on les informacions s'aconsegueixen d'arxius públics i privats i també de fonts documentals eclesiàstiques (Barriendos i Llasat, 2003; Llasat et al, 1999), però també se pot emprar per a fets més recents en el temps, on les fonts d'informació poden ser la premsa (Barnolas i Llasat, 2007; Llasat et al, 2009) i/o informes de caire oficial dels diferents organismes públics dels espais afectats (Petrucci et al, 2012; Llasat et al, 2013).

El criteri que s'ha seguit està basat en els efectes produïts per cada episodi de crescuda i inundació. Segons el seu impacte es poden diferenciar tres tipus de fenomen (Barriendos i Pomès, 1993):

- Crescuda ordinària, quan es produeix un episodi de pluja que suposa un increment de cabal però sense causar desbordaments. Pot ocasionar danys a les activitats desenvolupades dins el llit del curs fluvial o també a la seva vorera.
- Inundació extraordinària, quan l'episodi de precipitació ocasiona el desbordament del curs d'aigua que no ocasiona danys elevats a l'espai afectat però sí molesties i incomoditats al ritme de vida quotidià.
- Inundació catastròfica, quan els episodis de pluges ocasionen la sortida del llit de manera que tenen lloc danys greus i, fins i tot, la destrucció d'infraestructures (ponts, camins, molins, etc), d'edificis i

de conreus. La pèrdua de vides humanes suposa la classificació de la inundació com a catastròfica.

Per a desenvolupar la recerca referida a episodis d'inundació recents en el temps s'han proposat modificacions referides als efectes de les aigües sobre el terreny i els béns.

Dins del projecte HyMeX (Hydrological Mediterranean Experiment) s'ha desenvolupat una base de dades sobre inundacions i els seus efectes en el període que va de 1981 fins a l'any 2010. Els aspectes que se consideren per a valorar el tipus d'esdeveniment segons la seva afectació són els següents:

- Carrers
- Carreteres/camins
- Ponts
- Cotxes arrossegats i/o anegats
- Vies de tren
- Edificis públics i/o privats
- Monuments històrics
- Línees elèctriques
- Línees telefòniques
- Aqueductes o sistemes de drenatge
- Conduccions de gas
- Preses, murs de contenció
- Activitats industrials
- Activitats comercials
- Sector turístic
- Agricultura i ramaderia

Els impactes de les aigües sobre cada element poden variar des dels danys simples que no suposen la necessitat d'actuacions importants sobre l'element afectat fins a la completa destrucció del mateix. Els

efectes sobre aspectes com l'agricultura, les activitats turístiques i les comercials i industrials són més difícils de mesurar i quantificar ja que els danys poden venir relacionats amb la manca d'accés a determinades infraestructures, la pèrdua de connexions per carretera o tren, etc. Aquests danys, anomenats indirectes o intangibles (Caloiero et al, 2014), solen tenir una component econòmica molt difícil de valorar de manera objectiva.

En els 5 esdeveniments estudiats en aquest treball s'ha completat una fitxa en la que es recollien tots aquells elements abans esmentats i el seu grau d'afectació per la crescuda del nivell dels torrents de Sant Jordi i Major.

En forma de taules es presenten per a cada conca i cada any els danys resenyats el que permet una qualificació del tipus de fenomen de manera més senzilla gràcies a la visualització del conjunt de dades del que se té informació. Els danys directes, aquells que tenen efectes com la destrucció o la modificació d'estructures públiques i/o privades així com danys a edificis i vehicles, són marcats amb una X mentre que els danys indirectes, com pot ser l'afectació a activitats turístiques o comercials, resultat per exemple del tall de carreteres, apareixen marcats amb un 1.

Element afectat	Desembre 2004	Novembre 2005	Abril 2007
Carrers			
Carreteres/camins	X	X	X
Ponts	X	X	
Cotxes			
Vies de tren			
Edificis			
Monuments històrics			
Línees elèctriques			
Línees telèfon			
Aqüeductes/drenatges		X	
Conduccions de gas			
Preses/murs	X	X	
Indústria			
Comerç	1		
Turisme	1		
Agricultura/ramaderia	X		

Taula 10.7 Valoració dels danys als episodis d'inundació a Pollença. Font: elaboració pròpia.

A partir dels resultats que s'han obtingut s'ha pogut classificar les tres torrentades de la vessant de Pollença de la següent manera:

- La inundació de desembre de l'any 2004 es considera com a catastròfica ja que els danys produïts són tant directes, tallada la carretera amb Lluc, camins públics i privats tallats pels desbordaments, fins a 5 ponts afectats per la càrrega sòlida dels

torrents i botats per les aigües desbordades, com també indirectes ja que el tall de la circulació provocà l'afectació de l'activitat comercial i turística de la zona.

- La revinguda del novembre de 2005 es classifica com extraordinària. Es produeixen processos d'erosió en els llits dels torrents que afecten també a murs i marges així com a elements del patrimoni hidràulic. També hi han efectes sobre camins i ponts que queden malmenats per les aigües.
- Els fets del mes d'abril de 2007 són qualificats d'ordinaris. Hi han sortides puntuals de les aigües fora del jaç però sense produir efectes destacables a les lleres dels torrents afectats, de manera que els impactes causats són molt minsos.

En el cas de la conca del torrent Major de Sóller també s'ha desenvolupat una recerca destinada a conèixer els diferents danys i impactes causats per les crescudes dels anys 2006 i 2007.

A diferència de Pollença, on les fonts principals foren el treball de camp i les referències a la premsa regional, a Sóller s'ha d'afegir una font destacable que és la premsa local. A la localitat hi han dos setmanaris, *Sóller* i *Veü de Sóller*, que destinaren nombroses planes als succeïts, parant especial esment als danys provocats.

Les informacions publicades permeten completar el treball desenvolupat una vegada s'ha produït l'esdeveniment i mostren la seva utilitat com a important font d'informació, quelcom reconegut a publicacions científiques (Barnolas i Llasat, 2005; Pérez i Poveda, 2004) i també a estudis d'organismes oficials, on s'usa la premsa com a eina per al desenvolupament d'estudis d'inundacions històriques i per a la preparació de plans d'actuació contra revingudes.

Element afectat	Desembre 2006	Abril 2007
Carrers		X
Carreteres/camins	X	X
Ponts		X
Cotxes		X
Vies de tren		X
Edificis		X
Monuments històrics		
Línees elèctriques		
Línees telèfon		
Aqueductes/drenatges		X
Conduccions de gas		
Preses/murs	X	X
Indústria		
Comerç		1
Turisme		1
Agricultura/ramaderia		X

Taula 10.8 Valoració dels danys als episodis d'inundació a Sóller. Font: elaboració pròpia.

Les dues torrentades que afectaren al torrent Major i a la vessant sollerica s'han classificat com:

- La crescuda de desembre de 2006 es considera com ordinària ja que, malgrat l'augment del cabal dins els llits dels torrent que formen la conca els vessaments foren molt localitzats i de poca importància de manera que no afectaren al normal desenvolupament de les activitats diàries de la població.

- Els fets del mes d'abril de 2007 són qualificats com a catastròfics. La crescuda i desbordament del torrent Major al seu tram final provocà greus danys, tant directes com indirectes, i alterà la vida quotidiana de la gent que quedà aïllada a la platja de'n Repic durant unes hores. El llistat d'impactes és elevat, amb afectació tant a carrers com camins que quedaren sota l'aigua i foren tallats. També es va tallar la carretera que uneix el port amb Sóller i la via del tramvia va quedar inundada deixant fora d'ús aquest servei públic. Cotxes i cases quedaren anegades i es produïren danys a l'agricultura i a la ramaderia.

Dos aspectes es poden destacar d'aquesta classificació de les inundacions. Per una banda la poca relació entre les precipitacions caigudes durant els episodis i el nivell d'impacte produït. A la taula 10.9 es mostren els totals recollits al sector de cada vessant, amb el màxim diàri de la jornada d'inundació o el dia anterior i la classificació de l'esdeveniment.

Episodi	Pluja màxima 24 h.	Pluja total	Classificació
Desembre 2004	135 mm	305 mm	Catastròfica
Novembre 2005	200 mm	210 mm	Extraordinària
Desembre 2006	168,8 mm	467,3 mm	Ordinària
Abril 2007 Pollença	177,4 mm	270,1 mm	Ordinària
Abril 2007 Sóller	273 mm	331 mm	Catastròfica

Taula 10.9. Comparació entre les precipitacions i la classificació de les inundacions. Font: elaboració pròpia.

Les dues inundacions catastròfiques tenen quantitats totals superiors als 300 mm durant els episodis de pluja que provocaren l'esdeveniment. Però en el cas del torrent Major del 24 de desembre

de 2006 un total de 467,3 mm no provoca més que una crescuda ordinària, amb una pluja el dia 23 de 168,8 mm. Una precipitació inferior, de 135 mm/24 hores, provocà el desembre de 2004 una inundació catastròfica a la vessant de Pollença.

Per altra banda, resulta curiós com dos esdeveniments que tenen lloc a la mateixa data, el 14 d'abril de 2007, tenen un resultat tant diferent. En el cas de Pollença parlem d'un episodi ordinari mentre que a Sóller fou una inundació catastròfica. És un exemple de la variabilitat espacial i temporal de les tempestes que originen aquests fenòmens així com de la diferent resposta que cada conca dona malgrat estiguin localitzades en un similar context espacial.

La comparació entre la classificació que s'obté amb les dades arreplegades i els valors de risc que otorguen a les conques els organismes oficials mostra com existeix una correcta valoració del perill que suposen les inundacions a les dues vessants, sobretot en el cas de Sóller, que té el màxim nivell de risc per persones i béns quelcom que va quedar palès a la inundació catastròfica del 14 d'abril de 2007. En el cas de Pollença, on el risc està relacionat majoritàriament amb el tall de carreteres, els esdeveniments ocorreguts demostren que la qualificació és correcta.

11. CONCLUSIONS

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Els aspectes sobre els que es pensa que s'han assolit unes conclusions que aporten una millora en el coneixement de les precipitacions i la resposta en forma de cabal de les conques estudiades a la serra de Tramuntana son els següents:

11.1 LES PRECIPITACIONS

11.1.1 Precipitacions intenses als sectors d'estudi (1950-2000)

Qualsevol resultat d'aquesta i altres anàlisis sobre fenòmens extrems a Mallorca parteix d'una important limitació, la manca de dades de precipitació a escales temporals reduïdes. Les xifres disponibles són la precipitació màxima diària en 24 hores, quelcom que és insuficient per a poder analitzar detalladament el desenvolupament d'aquests esdeveniments plujosos que acaben originant inundacions.

Un segon tret limitant és la manca d'una densitat suficient de punts de mesura de la precipitació, especialment quan hom treballa en sectors on la variabilitat espacial és molt notable, ja que tant la vall de Sóller com el promontori de Pollença són exemples paradigmàtics de forts gradients de precipitació litoral/interior i àrea planera/cims muntanyosos. La xarxa convencional de pluviòmetres no pot descriure la variabilitat espacial de la pluja amb la resolució adient ni tampoc, com ja s'ha assenyalat, pot mostrar de manera adequada el repartiment temporal de la precipitació dins el període en que cau, quedant reduït aquest al total diari.

Això no obstant, es parteix d'una interessant base de dades, atesa la notòria longitud de les sèries de dades i la proliferació d'episodis amb precipitacions significativament abundoses, això ha permès caracteritzar les pluges torrencials que afecten a les àrees d'estudi el resultat d'aquesta anàlisi es pot resumir en els següents aspectes:

El repartiment estacional segueix la tendència de la varietat del clima mediterrani que comparteixen les Illes Balears amb alguns sectors centrals del litoral oriental de la península Ibèrica. El major nombre d'episodis als dos vessants tenen lloc a la tardor, on succeeixen més del 50% del total de jornades per sobre dels 100 mm de pluja. Després venen els mesos de l'hivern, l'estiu i la primavera. Cal destacar aquesta aparent anomalia estiuenca, ja que l'estació càlida de l'any presenta més esdeveniments torrencials que no la primavera, encara que la diferència sigui mínima en tots dos casos.

A nivell mensual, el període que concentra el major nombre d'episodis torrencials a Sóller és el novembre, amb 14, mentre que a Pollença destaca l'octubre amb 20 jornades torrencials, seguit a distància pel novembre i el desembre (12 casos). Cal destacar també el total assolit pel mes de març a la vall de Sóller, 10 jornades plujoses, que si bé permet parlar d'un màxim a la primavera, no es correspon amb l'assenyalat per Grimalt et al (2006) que indiquen l'existència d'un increment d'aquestes jornades, a nivell de Mallorca, en el mes d'abril, aquesta tònica general a nivell insular s'acompleix a Pollença on l'abril és el mes més torrencial de la primavera.

La distribució de jornades de pluges torrencials al llarg del període estudiat revela la irregularitat pròpia de la nostra àrea climàtica, això no obstant es poden identificar períodes durant els quals la incidència dels grans temporals de pluges ha estat major, en aquest sentit destaquen les dècades de 1951/60 i de 1971/80 amb més de 15 episodis a cada una. En canvi, a mesura que ens acostam al segle XXI, minva el nombre d'episodis, assolint un mínim a la dècada 1991/2000, marcada pel gran eixut de final de mil·lenni i al llarg de la qual tan sols es registren 4 casos al vessant de Sóller.

Els episodis extrems de precipitació de vegades es perllonguen més enllà de les 24 hores, així s'han pogut destriar tongades durant els quals en dies consecutius i en una mateixa conca dues o més

estacions superen els 100 mm a cada una de les jornades. S'han trobat 2 episodis de 3 dies a Sóller i un d'igual persistència a Pollença. Pel que fa a jornades de 48 hores de pluja torrencial, això succeeix 9 cops a Pollença i 12 a Sóller, el que representa entre el 13 i el 14% dels casos. Aquesta distribució coincideix aproximadament amb la que s'ha establert a sectors litorals mediterranis propers com Catalunya (Martín Vide i Llasat, 2000).

A nivell estacional, aquestes tandes de pluges apareixen principalment a la tardor, encara que s'han donat casos a l'estiu i també a la primavera i a l'hivern.

Pel que fa al repartiment territorial de les pluges torrencials, hi ha una clara dissimetria costa-interior. A les estacions costaneres, com les situades als fars que tanquen el Port de Sóller, només s'han trobat 7 episodis que hagin superat els 100 mm en els 50 anys; dades similars (5 temporals) es detecten al litoral de Pollença. A mesura que s'avança cap a l'interior i es puja en alçada sobre el nivell de la mar, augmenten les jornades torrencials, destacant per exemple Monnàber -a la Vall de Sóller- (35 jornades) o Mortitx - immediat a la capçalera del vessant de Pollença- (29 dies) com les estacions que arrepleguen més temporals d'aquesta mena. Sembla doncs clara la importància dels relleus en l'increment de les pluges per reforçament orogràfic.

Les pluges torrencials contribueixen poderosament sobre la quantitat total mensual i/o anual recollida per les estacions. Sovintegen casos en que la precipitació d'un dia supera àmpliament els valors mensuals mitjans. Si ens referim als totals anuals, les pluges que s'han registrat en aquests esdeveniments extrems poden suposar una quarta part de la quantitat final registrada.

Aquests percentatges tenen a veure amb registres que, en ocasions, superen no només els 100 mm en 24 hores si no també els 200 mm.

Aquest fet ha succeït 8 cops a la conca de Pollença, amb un registre màxim de 283 mm (Mortitx, 1-10-1973) i fins a 16 vegades al vessant de Sóller, amb una quantitat màxima de 369,8 mm (Monnàber, 22-10-1959). En la majoria d'ocasions aquestes quantitats s'arrepleguen a la tardor o l'hivern encara que apareixen també a la primavera i, fins i tot, algun cop a l'estiu.

11.1.2 Precipitacions a la primera dècada del segle XXI

Pel que respecte a les pluges que han originat les crescudes del nivell dels torrents i les inundacions posteriors al període estudiat (2004-2010) les conclusions més destacades són:

Tots els casos en què s'han registrat revingudes corresponen a episodis de pluja que superen els 100 mm/24 hores. El registre pluviomètric menys destacat en 24 hores foren els 121 mm a Sóller dia 23 de desembre de 2006 i la més elevada els 200 mm de Pollença el novembre de 2005.

Aquestes jornades torrencials formen part d'una etapa plujosa que pot assolir una durada d'una setmana. Només en el cas de novembre de 2005 a Pollença hi ha diferència ja que es tracta d'un episodi de dos dies de durada. Algunes de les inundacions són el resultat d'un episodi complex de successives jornades amb precipitacions intenses, i així del 19 al 23 de desembre, amb una breu interrupció en la pluja, a es Marroig (vessant de Sóller) es comptabilitzaren 470,4 mm.

Els totals assolits per les diferents estacions durant el dia dels esdeveniments són força semblants encara que hi han valors molt elevats que superen els 270 mm en el cas de Sóller a la inundació d'abril de 2007. Cal destacar que, de bell nou, quan es consideren les dades de pluviòmetres situats dintre de les conques estudiades, apareixen diferències com les esmentades abans en el cas de les pluges torrencials, diferències relacionades amb la localització

espacial de l'estació, amb un increment de la pluja recollida a les situades a major altura.

Un altre factor a considerar és que cap torrentada té lloc a l'octubre, el mes que estadísticament presenta una major incidència de pluges torrencials (Grimalt et al, 2006). Només un cas té lloc a la tardor (novembre 2005) mentre que dues són a l'hivern (desembre 2004 i 2006) i un a la primavera (abril 2007) que afectà les dues conques.

Els tipus de temps associats a cada episodi de torrentada i inundació, segons la classificació de Jenkinson i Collison, corresponen a situacions ciclòniques, presents en tres dels quatre casos (Grimalt i Rosselló, 2011b). El cas de l'11 de novembre de 2005 a Pollença queda classificat com a U (indeterminat), aquest tipus de temps – caracteritzat per un baix gradient bàric a la conca mediterrània- és la situació atmosfèrica més freqüent a l'àrea d'estudi amb gairebé 100 dies a l'any (Grimalt et al, 2013).

Dintre de les situacions ciclòniques hi ha dos casos (desembre de 2004 i desembre de 2006) on el component predominant és de l'Est (tipus CE), habitual a Mallorca com a conseqüència dels processos ciclogènètics d'importància que se localitzen a sectors situats a l'Est de les Illes Balears (Llop i Alomar, 2012), en tant que a l'altra la baixa és centrada.

11.2 LES CONQUES

Les conques estudiades mostren tota una sèrie de trets semblants, començant per la seva localització geogràfica. El fet d'estar situades a la serra de Tramuntana fa que les seves capçaleres assoleixin altures entorn dels 1200 metres i que es trobin dintre de l'espai on més plou de Mallorca, el que pot suposar que les vessants tenguin unes majors

aportacions de precipitació, la qual cosa pot provocar que corrin dins el jaç uns volums d'aigua més elevats.

Les seves superfícies són així mateix semblants, 49,3 km² el torrent Major i 42,3 km² el torrent de Sant Jordi. On hi ha diferències és en la direcció del flux, de Sudoest a Nordest a Pollença i orientat d'Est a Oest a Sóller.

Pel que respecte a la longitud dels cursos principals, el torrent de Sant Jordi, amb 17,5 km de recorregut, és significativament més llarg que el torrent Major, de només 10,5 km. Els ordres d'Strahler són iguals, un valor 5 mentre que el pendent és major a la conca sollerica, 0,11 m/m, que a la pollencina, 0,05 m/m, ja que el desnivell que salva el curs principal és prou elevat.

S'han estudiat tot un conjunt de paràmetres morfomètrics ja que aquestes característiques influencien la resposta hidrològica. La seva anàlisi mostra, per a la majoria de paràmetres, uns valors mitjans que no justifiquen els episodis d'inundacions llampec que pateixen les dues conques (Taula 11.1).

La raó de circularitat indica que el torrent de Sant Jordi és més allargat que no el Major, que malgrat tenir un valor superior tampoc s'acosta a la unitat que indicaria que és una conca redona. Aquesta forma lleugerament més arrodonada del torrent Major explica el valor del temps de concentració, gairebé dues hores menor que el torrent de Sant Jordi, que al tenir la conca més allargada té un major temps de trànsit de l'aigua.

Torrent	Rc	Dd	Ct	Tc
Sant Jordi	0,27	1,97	2,07	4,53
Major	0,57	1,98	1,52	2,74

Taula 11.1 Paràmetres morfomètrics de les conques estudiades. Font: elaboració pròpia.

La xarxa de drenatge té una densitat baixa i la raó de bifurcació mitjana, la relació entre els cursos de diferent ordre, és també baixa, amb un valor de 3 a Sóller i 3,4 a Pollença. Tot plegat suposa uns valors moderats, ja que són guarismes superiors a 4 els que indiquen conques d'alta torrencialitat (Strahler, 1964). Hi ha, per tant, una aparent contradicció entre uns paràmetres teòrics que no indiquen una perillositat destacables i una praxis, marcada per un llargs registres de revingudes, lo qual fa pensar en una perillositat real molt més elevada.

Un factor destacable són les transformacions antròpiques que les dues conques han patit al llarg del temps i que s'han accentuat des de la segona meitat del segle XX, amb el desenvolupament urbà lligat al creixement del sector terciari, sobretot de les activitats turístiques i residencials.

S'ha produït un procés de rectificació dels llits, d'ocupació de les planes d'inundació i un canvi en els usos del sòl que han augmentat el risc d'inundació a les dues conques.

Aquests fets són més evidents en el cas del torrent Major de Sóller, que ha vist com el seu tram baix ha estat ocupat pel desenvolupament d'activitats lligades al comerç i al turisme, el que ha provocat un abandonament de les activitats agrícoles que hi tenien lloc. Aquest procés ha suposat la pèrdua del manteniment de tot un sistema d'inhibició de la correntia superficial, per evitar el negament dels camps de conreu, conegut amb el nom d'eixugadors i que abasta quasi tot el conjunt de la vall de Sóller (Grimalt, 2013).

El torrent Major ha patit també modificacions en el seu llit, que ha estat encimentat i tancat per murs de formigó al seu tram final, en

els darrers tres quilòmetres de recorregut. També s'han modificat alguns afluents, com el torrent des Jaiot, per afavorir la incorporació de les seves aigües a les del curs principal. A la part urbana de la conca, durant el segle passat, es va transformar en un caixer de formigó part del llit del torrent des Coll i es va procedir al soterrament del canal, des de l'estació del Tren de Sóller fins a la plaça del Mercat. L'objectiu era afavorir la circulació de vehicles pel centre urbà i evitar la visió d'un espai degradat segons les opinions de l'època, especialment amb la posada en marxa del servei de tren amb Palma (Seguí i González, 2007).

Els trams alt i mitjà mostren així mateix actuacions antròpiques, lligades tant al sector primari com al desenvolupament urbà. Aquest darrer ha suposat l'apropament d'edificis i altres elements com aparcaments, carrers i, fins i tot, escoles i residències a les lleres del torrent, ocupant espais inundables sense cap tipus de control.

Les modificacions que es troben al trams mitjans i alts del recorregut tenen arrels històriques, d'un intens aprofitament agrícola, agafant la forma del sistema de marjades, que arriba fins als 800 metres d'altura per emprar al màxim el terreny disponible. Aquesta estructura en terrasses està complementada per tot un conjunt d'elements de regulació hídrica com síquies, canals i parets destinades a afavorir la infiltració de la correntia superficial i també per deturar la formació de puntes de cabal importants que poguessin provocar danys en el sistema marjat i en els conreus que allà hi havia.

El torrent de Sant Jordi mostra també una intensa actuació de l'home lligada al sector primari en el seu tram alt, encara que el marjament no assoleix els nivells de la vall de Sóller. Malgrat tot, hi ha present tot un conjunt d'elements que dificulten la formació de cabals o bé ajuden a la infiltració de les aigües superficials.

El tram mig presenta un elevat índex d'ocupació antròpica, amb usos agrícoles i ramaders a les diferents finques que es troben al llarg de les lleres dels torrents. Apareix de bell nou un incipient ús terciari, en forma de segones residències i camins i carreteres que, molts cops, impliquen modificacions en els llits dels torrents i la ocupació de zones d'elevat risc d'inundació.

A la part final d'aquest tram mig, apareix la vila de Pollença, on també s'ha desenvolupat un creixement urbanístic que ha incrementat les superfícies impermeables susceptibles de patir inundacions. El recorregut final del torrent fins a la seva desembocadura es fa dins una plana intensament poblada, amb nombrosos camins, parets de separació de propietats i construccions que dificulten l'arribada de cabals al jaç principal i, al mateix temps, augmenten els nivells d'altura de les aigües desbordades que no troben el camí de retorn cap a la mar.

11.3 ELS CABALS

11.3.1 Els cabals estimats amb el treball de camp.

Les mesures de cabals estimats a partir de les dades de camp permeten ressenyar un seguit de consideracions, per una part generals i aplicables a les dues conques estudiades, i per altra part concretes i referides a cada conca de forma individualitzada.

Els valors obtinguts s'expliquen per la combinació de tres paràmetres, d'una banda els propis de la morfometria de la xarxa fluvial afectada (que ja s'ha indicat no té una perillositat potencial molt elevada), d'altra els derivats de les precipitacions (que si han assolit valors molt destacables en tots els casos) i finalment les interferències provocades per les actuacions antròpiques (que per una part impliquen factors de regulació –marjades, eixugadors, hidrologia

popular antierosiva- i per altre pertorbacions que incrementin la perillositat –canalitzacions insuficients, disminució de la permeabilitat per urbanització, entre d'altres).

La combinació de tots els factors esmentats suposa que, quan es produeixen pluges torrencials, el sistema hidrològic es vegi totalment superat i no pugui assumir els cabals que apareixen. Aquest fet és comú als dos vessants estudiats.

Les puntes de cabal mesurades a les dues conques són clarament inferiors a les que s'han calculat a altres inundacions arreu de Mallorca. Els valors no superen l'ordre de magnitud dels 150 m³/s en el cas de Pollença i dels 70 m³/s a Sóller. Aquests registres contrasten amb valors registrats a altres episodis d'inundacions a Mallorca en conques de dimensions molt més reduïdes (Grimalt, 1989; Grimalt et al, 1998; Grimalt et al, 2002). Evidentment s'ha de tenir en compte que els episodis tractats en el present anàlisi no corresponen a revingudes extremes. Tant a Sóller com a Pollença, hi ha hagut precedents històrics recents en que els cabals de revinguda foren significativament majors i les destruccions associades també (per exemple el 29/30 de març de 1974 a la vall de Sóller o el 8/9 d'octubre de 1990 al vessant de Pollença).

Les mesures realitzades al present anàlisi, basades en mètodes geomorfològics i a partir d'indicis post episodi contrasten amb les dades que ofereixen les xarxes de mesura oficial, inferiors en tots els casos. Això no obstant el limnigraf B016 de la Conselleria de Medi Ambient al torrent Major de Sóller va mesurar a l'aiguada del 18 d'octubre de 1978, un registre d'ordre de magnitud similar als que hem establert per a les torrentades de 2006 i 2007, concretament un cabal màxim de 68 m³/s (Rosselló, 2001).

Les revingudes tenen una escala espacial reduïda, en cap dels casos ha funcionat tota la conca per sobre del seu nivell de capacitat. Es

tracta sovint de torrentades centrades en algunes de les branques concretes de la xarxa de cada un dels vessants. El cas més paradigmàtic són les revingudes a Pollença el 2004 (centrades als afluents del sector de Mortitxet i Pedruixella) o el 2005 (focalitzada al torrent de Ternelles).

Les puntes de cabal no es comporten amb una progressió aigües avall i rera cada una de les confluències entre branques. Aquesta característica es pot explicar, tant per factors relacionats amb la distribució espacial i temporal de la pluja, com també per la morfometria i longitud de cada un dels trams, que evita la sincronia en l'arribada dels cabals. Independentment del motiu, el que evidencia aquesta característica és que ens trobam davant inundacions seguint el model flash flood amb cabals sobtats i momentanis, a manera de consecutives ones de crescuda.

Es poden descriure els trets genèrics de l'anàlisi a nivell de cada una de les dues àrees estudiades, Pollença i Sóller.

Pollença

Pel que fa als trets més destacables sobre els cabals a Pollença, val a dir que l'estructura lineal del torrent de Sant Jordi, amb afluents destacables només a la vessant septentrional, condiona els increments de cabal que solen ser més destacats a la part alta de la conca, on conflueixen afluents en un reduït espai. A la part central de la vessant són les aportacions que provenen del torrent de Ternelles les que incrementen les puntes de cabal. A la zona de la vila de Pollença també s'aprecien aportacions que provenen de les estructures com carreteres i espais urbans i que aporten aigua al llit principal.

Aigües avall es produeix un procés de laminació molt marcat que provoca que, molt sovint, els cabals mesurats siguin clarament inferiors als dels trams anteriors.

De tota manera, les puntes mesurades en els tres episodis analitzats no mostren valors massa elevats, sobretot si es comparen amb els màxims de la inundació més propera temporalment xerrant, la de l'any 1990. En aquest sentit, cap dels casos s'ha apropat a les quantitats de més de 200 m³/s mesurades en aquella ocasió. Només a l'episodi de desembre de 2004, i pels afluents de capçalera de la conca com el torrent del Puig Ferrer, són comparables els registres.

Sóller

A la conca del torrent Major la primera conclusió que s'obté de l'anàlisi dels cabals mesurats és la linealitat en el seu repartiment. Hi ha una gradació des de la capçalera dels diferents torrents pel que fa al volum d'aigua que va cresquant a mesura que ens apropem al tram baix. Si en el cas de Pollença la majoria de valors elevats es troben als sectors alt i mig de la conca, en el cas de Sóller passa el contrari, els valors de cabal punta més alts apareixen al final del recorregut.

Aquest fet es considera relacionat amb, per una banda, la infiltració que afecta a bona part de la xarxa torrencial de la vall. És habitual veure com punts dels diferents torrents amb circulació de cabals passen a no portar aigua uns metres més avall, especialment el torrents de Biniaraix i de Fornalutx.

Un altre factor és la manca de connectivitat del conjunt de la xarxa. En els dos episodis analitzats hi han hagut torrents que, malgrat les fortes precipitacions que han afectat a la conca, no han aportat cap cabal al canal principal. Un exemple és el torrent dels Cinc Ponts, que mostra una circulació residual d'aigua que es deu als abocaments que

provenen de finques properes al seu recorregut però que en cap cas són resultat del funcionament de la seva conca.

Finalment, cal esmentar que, pel que fa a l'augment del ordre de magnitud dels cabals al tram mitjà-baix del torrent Major, s'ha de considerar la importància de tot el sistema de drenatge subterrani dels camps de l'Horta sollerica, els anomenat eixugadors, que mantenen lliures de negaments els camps de conreu desviant les aigües cap el torrent. També hi ha tot un entramat superficial de canalitzacions, lligat a les fonts, que, en moltes ocasions, vessa les seves aigües al torrent, bé per què la xarxa es veu superada pel total de la precipitació, bé per la manca de manteniment que fa que presenti molts punts danyats que fan abocar el seu contingut als llits dels torrents.

11.3.2 L'aplicació d'altres mètodes d'estimació de cabals i el seu contrast amb les dades de camp

S'aprecia una gran diferència entre els valors que són resultat del treball de camp i aquells que s'obtenen de l'aplicació d'índexs teòrics. Aquests darrers sobre-estimen els cabals punta, de manera que els resultats són massa elevats. El fet de no contemplar la precipitació i treballar només amb la superfície de la conca indueix a errades de valoració que també apareixen amb el mètode d'Heras, malgrat inclogui a la seva formulació valors de correntia i de precipitació.

L'ús del mètode racional modificat de Témez mostra també una sobre-estimació de les puntes de cabal. En aquest cas cal destacar la importància d'una correcta valoració del llinar de correntia, factor que influeix de manera important en el resultat final i que depèn molt de les dades existents d'usos del sòl. Així mateix, fan falta unes dades de precipitació bones, que permetin calcular de manera adient la intensitat horària que determinarà la punta final de crescuda. De

tota manera, el MRM de Témez és molt més adequat per a desenvolupar càlculs de cabal que no les altres fòrmules emprades.

11.4 PERSPECTIVES FUTURES DE RECERCA

El desenvolupament de la recerca per a la realització d'aquesta tesi ha obert tot un seguit de camins que hom pensa que poden ser seguits per a millorar la coneixença sobre els cabals punta.

Pel que fa referència a les precipitacions, ja s'ha esmentat que la xarxa actual de pluviòmetres no pot descriure de manera acurada la variabilitat temporal i espacial de la pluja. En aquest sentit, l'utilització de les dades del radar meteorològic s'està convertint en una eina cada cop més emprada per a estudiar els camps de precipitació, les seves pautes temporals i la seva distribució territorial.

Una millora en les dades temporals de la pluja permetria estudiar millor la seva intensitat. Faria falta disposar d'informacions en un lapse de temps molt curt, per exemple cada cinc minuts, per la qual cosa caldria desenvolupar una xarxa d'observatoris amb estacions automàtiques que donassin informacions en temps real.

En relació a l'estudi de les conques cal assolir un major coneixement dels processos d'infiltració que afecten els vessants i els llits amb un millor detall dels trets geològics de cada zona. També és una línia de recerca a seguir l'estudi de les accions de l'home tendents a inhibir el normal funcionament dels vessants i com aquestes accions influeixen tant en la reducció de les puntes de cabal com en el seu increment, si amb l'abandonament d'aquests sistemes tradicionals augmenta la correntia i, com a resultat, les inundacions.

Finalment, pel que fa als cabals i les puntes de crescuda es poden introduir nous mètodes, ja en ús arreu d'Europa, com són els enregistraments en vídeo, que permetrien fer càlculs de la velocitat de l'aigua, veure les altures on ha arribat, observar els impactes de la inundació i comprovar el seu desenvolupament temporal. En aquest sentit s'està desenvolupant l'utilització de les xarxes socials com a element d'on obtenir valuoses informacions.

Un altre mètode amb el que treballar són les enquestes, que volen conèixer el comportament de la població davant una inundació, com reaccionen i les raons que tenen per actuar de la manera que ho fan. L'aplicació d'aquestes enquestes suposa la necessitat d'un equip prou gran de persones així com una sensibilitat especial davant els enquestats, que en moltes ocasions han patit efectes importants relacionats amb les torrentades.

Finalment, i en relació amb la disponibilitat de dades de pluja més adients, faria falta també una xarxa d'estacions d'aforament automatitzades, amb un recull de dades continuat i que permetès validar les dades que s'obtenen amb les mesures de camp amb valors a temps real o a nivell horari, amb l'objecte de poder establir comparacions i assolir un major coneixement sobre el procés de distribució de puntes d'avinguda dins les conques. Es milloraria així la prevenció del risc d'inundació amb uns sistemes d'alerta de major precisió, un millor coneixement dels cabals esperables segons la precipitació i el territori afectat i una planificació dels espais inundables més adient a les demandes de la població.

12. BIBLIOGRAFIA

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

ACA (2003): Guia tècnica. Recomanacions techniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya. Barcelona.

ACTIF (2004): Some research needs for river flood forecasting in FP6. Report EVK-1-CT-2002-80014.

Alcoverro, J. et al (1999): *The barranco de Aras flood of 7 august 1996 (Biescas, Central Pyrenees, Spain)*. Engin. Geol., 51 (pp. 237-255).

Ajuntament de Pollença (2004): Diagnòstic Agenda Local 21 (AL21). Pollença.

Ajuntament de Pollença (2014): Revisió i adaptació del PGOU al PTM. GAAT. Palma.

Amengual, A. et al (2007): *A hydrometeorological study of a flash flood over Catalonia, Spain*. Journal of Hydrometeorology, 8 (pp. 282-303).

AMS (2000): Glossary of meteorology. T.J. Glickman Ed. Boston.

Anònim (1850): Memoria de las inundaciones de sa Riera. Sacada de los noticiarios contemporáneos (1403-1850). Imprenta Estevan Trias. Palma.

Ayala, E.J. (1999): *Selección racional de estrategias estructurales y no estructurales y de actuaciones públicas y privadas en la mitigación del riesgo de inundación en España. Un análisis comparativo*. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Volumen 93, número 1 (pp. 99-114).

Baker, V. et al (1988): Flood geomorphology. John Wiley&Sons. New York.
Balasch, J.C. et al (2011): *Historical flash floods retromodelling in the Ondara river in Tarrega (NE Iberian Peninsula)*. Nat. Hazards Earth Sys. Sci., 11 (3359-3371).

Barceló, J. (2009): Anàlisi de l'observació instrumental del temps a les Illes Balears de 1850 fins a 1940. Memòria d'investigació inèdita. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Barnolas, M.; Llasat, M.C (2005): Aplicación de una herramienta SIG en el estudio de las inundaciones en Catalunya, 1901-2000. Revista del Aficionado a la Meteorología. Consulta a internet 17 d'octubre de 2013.

Barnolas, M.; Llasat, M.C. (2007a): Metodología para el estudio de inundaciones históricas en España e implementación de un SIG en las cuencas del Ter, Segre y Llobregat. Monografías CEDEX, M-90. Madrid.

Barnolas, M.; Llasat, M.C. (2007b): *A flood geodatabase and its climatological applications: the case of Catalonia for the last century*. Nat. Hazards Earth Sys. Sci., 7 (271-281).

Barriendos, M.; Pomès, J. (1993): L'aigua a Mataró. Inundacions i recursos hídrics (segles XVIII-XX). Caixa Laietana. Mataró.

Barriendos, M.; Llasat, M.C. (2003): *The case of the Maldà anomaly in the western Mediterranean basin (AD 1760-1800): an example of a strong climatic variability*. Climatic change, 61 (pp. 191-216).

Barriendos, M.; Rodrigo, F. (2006): *Study of historical flood events in Spanish rivers using documentary data*. Hydrological Sciences Journal, 51 (5) (pp. 765-783).

Benito, G. et al (2004a): *Use of Systematic, Paleoflood and Historical data for the implementation of flood risk estimation. Review of scientific methods*. Natural Hazards, 31 (pp. 623-643).

Benito, G. et al (2004b): *Hidrología de paleocrecidas aplicada al cálculo de las avenidas de diseño y avenida máxima de presas*. Geo-Temas, 6 (4) (pp. 203-206).

Beven, K.J. (2002): Rainfall-runoff modeling. The primer. John Wiley&Sons. Chichester.

Borga, M. et al (2008): *Surveying flash floods: gauging the ungauged extremes*. Hydrological Processes, 22 (18) (pp. 3883-3885).

Botey, R. et al (2013): Valores normales de precipitación mensual. AEMET. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

Box, M.; Morales, A. (1993): *Barrancos y ramblas: su incorporación al entramado urbano en el sureste peninsular*. Investigaciones Geográficas, 11 (pp. 153-169).

Bover, J.M. (1856): Historia de la impugnación de Sóller por el ejército de Occhiali, capitán pachá de Túnez y victoria de los vecinos de aquella villa en 11 de mayo y Cronicón de la villa de Sóller. Imprenta Balear. Palma.

Bracken, L.J. et al (2008): *The relationship between rainfall inputs and flood generation in south-east Spain*. Hydrol. Process, 22 (pp. 683-696). doi: 10.1002/hyp.6641.

Bull, L.J. et al (1999): *The impact of rainstorms on floods in ephemeral channels in southeast Spain*. Catena, 38 (pp. 191-209).

Buzzi, A. et al (1998): *Numerical Simulations of the 1994 Piedmont Flood: Role of Orography and Moist Processes*. Mon. Wea. Rev., 126, 9 (pp. 2369-2383).

C.A.I.B. (2005): INUNBAL. Direcció General d'Emergències. Conselleria d'Interior. Palma.

Caloiero, T. et al (2014): *Damaging hydrogeological events: a procedure for the assessment of severity levels and an application to Calabria (Southern Italy)*. Water, 6 (pp. 3652-3670). doi: 10.3390/w6123652

Camarasa, A. (1991): *La intensidad de las lluvias extremas mediterráneas a partir de la red S.A.I.H. XII Congreso Nacional de Geografía*. A.G.E. y Universidad de Valencia. Valencia. (pp. 127-134).

Camarasa, A. (1995): Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semi-áridas. Barranc de Carraixet y Rambla del Poyo. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente y Confederación Hidrogràfica del Júcar. Valencia.

Camarasa, A.; Segura, F. (2001a): *Las crecidas en las ramblas valencianas mediterráneas*. Estudios Geográficos, LXII, 245 (pp. 649-674).

Camarasa, A.; Segura, F. (2001b): *Flood events in Mediterranean ephemeral streams (ramblas) in Valencia region, Spain*. Catena, 45 (pp. 229-249).

Camarasa, A.; Tilford, K.A. (2002): *Rainfall-runoff modeling of ephemeral streams in the Valencia region (eastern Spain)*. Hydrol. Process, 16 (pp 3329-3344).

Campaner, A. (1881): Cronicón Mayoricense. J. Colomer y Salas. Palma.

Cáncer, L. (1996): *La catástrofe del barranco de Aras (7/8/1996): procesos naturales e hipótesis explicativas*. Geographicalia, 33 (pp. 51-72).

Carmona, P.; Segura, F. (1989): *La inundación de la ribera del Júcar en noviembre de 1987*. Cuadernos de Geografía, 46 (pp. 97-106).

Castellarin, A. et al (2004): *Regional flow duration curves: realibility for ungauged basins*. Advances in Water Resources, 27, 10 (pp. 953-965).

Chappell, C.F. (1986): *Quasi-stationary convective events*. In: Ray, P.S. (Ed): Mesoscale meteorology and forecasting. Amer. Meteor. Soc. (pp. 289-310).

Costa, J.E. (1983): *Paleohydraulic reconstruction of flash-flood peaks from boulder deposits in the Colorado Front Range*. Geological Society of America Bulletin, 94, 8 (pp. 986-1004).

Costa, J.E. (1987): *Comparison of the largest rainfall-runoff floods in the United States with those of the People's Republic of China and the world*. Journal of Hydrology, 96 (1-4) (pp. 101-115).

Creutin, J.D.; Borga, M. (2003): *Radar hydrology modifies the monitoring of flash floods*. Hydrological Processes, 17 (1453-1456).

Díez, A.; de Pedraza, J. (1997): *Cálculo hidrometeorológico de caudales de avenida para la subcuenca de El Burguillo (río Alberche, cuenca del Tajo)*. Geogaceta, 21 (pp. 93-96).

Direcció General Recursos Hídrics (2009): Memòria del Pla Hidrològic de les Illes Balears. Conselleria d'Agricultura, Obres Públiques i Territori. Govern Balear. Palma.

Dols, P. (Ed) (1989): Gran Enciclopèdia de Mallorca. Editorial Promomallorca. Palma.

Domenech, S. et al (2011): *Peligrosidad por inundaciones en una cuenca no aforada: el río Sosa en Monzón (Huesca) y el evento de Agosto de 2006*. Geographicalia, 59-60 (pp. 95-108).

Dooge, J.C. (1959): *A general theory of the unit hydrograph*. Journal of Geophysical Research, 64 (2) (pp. 241-256).

Doswell, C.A. (1994): *Flash flood-producing convective storms: current understanding and research*. In: Corominas, J.; Georgakakos, K. (Eds): Proceedings of the U.S.-Spanish workshop on Natural Hazards. Barcelona. (pp. 97-107).

Doswell, C.A. (1997): *Flash flood forecasting-Techniques and limitations*. III Jornades de Meteorologia Eduard Fontseré. ASC. Barcelona.

Doswell, C.A. et al (1996): *Flash flood forecasting: an ingredients-based methodology*. Weather Forecasting, 11 (pp. 560-581).

Espejo, C.; Calvo, F. (2003): *Bibliografía sobre riesgos con origen en procesos naturales publicada en España (1975-2002)*. Biblio 3W, revista bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales. Volumen VIII, nº 455.

Estrany, J. (2009): Hidrologia i transport de sediment en una petita conca agrícola del Pla de Mallorca. Joan Estrany. Inca.

Font Tullot, I. (1993): Climatología de España y Portugal. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.

García-Ruiz, J.M. et al (2004): *La avenida del barranco de Aras y los riesgos hidrológicos en el Pirineo central español*. In: Peña, J.L et al (Eds): Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos. Universidad de Zaragoza e Institución Fernando El Católico. Zaragoza. (pp. 131-140).

Gaume, E. (2002): Elements d'analyse sur les crues éclair. Tesi doctoral inèdita. ENGREF. Paris.

Gaume, E. (2006): Post flash flood investigation. Floodsite Project Methodological Note. T23-06-02.

Gaume, E.; Borga, M. (2008): *Post-flood field investigations in upland catchments after major flash floods: proposal of a methodology and illustrations*. J. Flood Risk Management, 1 (pp. 175-189).

Gázquez, A. et al (2004): *Episodios pluviométricos superiores a 200 mm en 24 horas en Catalunya. Catalogación y configuraciones meteorológicas asociadas*. In: García Codrón, J.C. et al (Eds): El clima entre el mar y la montaña. Publicaciones de la A.E.C. Serie A nº 4 (pp. 303-312).

Gelabert, B. (2001): *Delimitació de les zones inundables de les Illes Balears*. Bolleti Societat Història Natural de les Illes Balears, 44 (pp. 111-118).

Gelabert, B. (2002): Atles de delimitació geomorfològica de xarxes de drenatge i planes d'inundació de les Illes Balears. Direcció General de Recursos Hídrics. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears. Palma (CD-Rom).

Georgakakos, K.; Hudlow, M.D. (1984): *Quantitative precipitation forecast techniques for use in hydrological forecasting*. Bull. Am. Meteorol. Soc., 65 (pp. 1186-2000).

Ginard, A.; Grimalt, M. (2012): *Subministrament urbà d'aigua i pluviometria (1976-2007) a Palma, Mallorca*. Territoris, 8 (pp. 103-116)

Gouldby, B. et al (2007): Language of risk-Project definitions. Floodsite document T32-04-01.

Grimalt, M. (1987): *Les inundacions de 1962 a Mallorca*. El Mirall, 12 (pp.23-25).

Grimalt, M. (1989a): *Les inundacions històriques de sa Riera*. Treballs de Geografia, 42. Universitat de les Illes Balears. Palma. (pp. 19-26).

Grimalt, M. (1989b): 1989. *S'any de sa torrentada*. El Mirall, 31 (pp. 14-19).

Grimalt, M. (1989c): *Repartiment de les precipitacions màximes a Mallorca*. Treballs de Geografia, 41. Universitat de les Illes Balears. Palma (pp. 7-18).

Grimalt, M. (1990). *Inundacions del 1990*. El Mirall, 40 (pp. 43-49).

Grimalt, M. (1992): Geografia del riscs a Mallorca. Les inundacions. Institut d'Estudis Baleàrics. Palma.

Grimalt, M. (1998): *Els riscs derivats de l'excès d'aigua*. In: Alabern, A. et al (Eds): L'aigua i la vida. La seva utilització. Fundació La Caixa i Universitat de les Illes Balears. Palma. (pp. 249-264).

Grimalt, M. (ed) (2013): Marjades, vinyes i viles: Itinerarios a través de la diversidad territorial de Mallorca. Asociación de Geógrafos Españoles- Departament de Ciències de la Terra. Palma.

Grimalt, M. et al (1990): *Morfometría de cuencas en la vertiente sudoriental de Mallorca*. In: Rullan, O. et al (Eds): IV Coloquio de Geografía Cuantitativa. Universitat de les Illes Balears. Palma. (pp. 355-374).

Grimalt, M. et al (1991): Libro guía de las excursiones de las VII Jornadas de campo de Geografía Física. Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Grimalt, M. et al (1992): *Physical factors, distribution and present land-use of terraces in the Tramuntana mountain range*. Pirineos, 139 (pp. 15-25).

Grimalt, M. et al (1998): Anàlisi de les inundacions de 1996 i 1998 als torrents del vessant meridional de Mallorca. Direcció General de Recursos Hídrics. Conselleria de Medi Ambient. Govern Balear. Palma.

Grimalt, M. et al (2001): *Pautes espacials i temporals de distribució d'aiguades intenses al Llevant de Mallorca (1930-2005)*. Manacor, cultura i territori. Ajuntament de Manacor. (pp. 29-40).

Grimalt, M. et al (2002): Anàlisi de les inundacions del 10 i 11 de novembre de 2001 als torrents de PortoPetra i Cala Llonga. Direcció General de Recursos Hídrics. Conselleria de Medi Ambient. Govern Balear. Palma.

Grimalt, M. et al (2005): *Aproximació a l'estudi de les inundacions històriques a Manacor*. III Jornades d'estudis Locals. Espai, fet urbà i societat. Ajuntament de Manacor. (pp. 377-391).

Grimalt, M. et al (2006): *Distribución espacial y temporal de las precipitaciones intensas en Mallorca*. Sociedad y medio ambiente. Asociación Española de Climatología. Zaragoza. (pp. 411-420).

Grimalt, M. et al (2013): *Determination of the Jenkinson and Collison's weather types for the Western Mediterranean basin over the 1948-2009 period. Temporal analysis*. Atmósfera, vol. 26, issue 1 (pp. 75-94).

Grimalt, M.; Blázquez, M. (1990): *El mapa de marjades de la serra de Tramuntana*. Treballs de Geografia, 42. Universitat de les Illes Balears. Palma. (pp. 43-48).

Grimalt, M.; Prats, J.A. (coord) (2001): Les Pitiüses. Terres i gent. Papers de sa Torre, 59. Patronat de l'Escola Municipal de Mallorca. Manacor.

Grimalt, M.; Rodríguez, A. (1990a): *Cabals maxims al Llevant i Mitjorn de Mallorca durant les revingudes de 1989*. Treballs de Geografia, 42. Universitat de les Illes Balears. Palma. (pp. 7-18).

Grimalt, M.; Rodríguez, A. (1990b): *Puntes de cabal als torrents del Llevant de Mallorca durant les revingudes del setembre de 1989*. In: Martínez Taberner, A. (coord.): II Jornades de Medi Ambient a les Balears. Societat

d'Història Natural de les Balears i Universitat de les Illes Balears. (pp. 52-53).

Grimalt, M.; Rodríguez, A. (1990c): *Caudales punta y morfología de cuencas en Mallorca*. In: Gutierrez, M. et al (Eds): Actas I Reunión Nacional de Geomorfología. Sociedad Española de Geomorfología. (pp. 427-436).

Grimalt, M.; Rodríguez, A. (1991a): Anàlisi de les inundacions de 1989 a la conca de Campos. Conselleria d'Obres Públiques i Ordenació del Territori. Govern Balear. Palma.

Grimalt, M.; Rodríguez, A. (1991b): Anàlisi de les inundacions de 1990 al vessant d'Alcúdia. Conselleria d'Obres Públiques i Ordenació del Territori. Govern Balear. Palma.

Grimalt, M.; Rodríguez, A. (1992): Anàlisi de les inundacions de 1990 al vessant de Pollença. Junta d'Aigües. Govern Balear. Palma.

Grimalt, M.; Rodríguez, A. (1996): Anàlisi de les inundacions de 1994 al vessant de SudEst de Mallorca. Junta d'Aigües. Conselleria d'Obres Públiques i Territori. Govern Balear. Palma.

Grimalt, M.; Rodríguez, A. (1998): Anàlisi de les inundacions de 1994 al torrent de sa Cabana. Junta d'Aigües. Conselleria d'Obres Públiques i Territori. Govern Balear. Palma.

Grimalt, M.; Rosselló, J. (2011a): Reconstruction of the 1403 flood of Palma (Mallorca) from historical data. Poster 5th HyMeX Workshop. Sant Lluís (Menorca).

Grimalt, M.; Rosselló, J. (2011b): Anàlisi històrica de les inundacions a les Illes Balears. Direcció General de Recursos Hídrics. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori. Govern de les Illes Balears.

Grimalt, M.; Rosselló, J. (2012): Post-event surveys of flash floods in the Pollença basin (Mallorca, Spain). Poster 6th HyMeX Workshop. Primosten (Croàcia).

Gual, M.; Albertí, J. (2000): Les fonts de Sóller i Fornalutx. El Gall Editor. Pollença.

Gualda, C.E. (1989): *La avenida de 1982 en la cuenca media del Júcar. El caso de Alcalá del Júcar (Albacete)*. Investigaciones Geográficas, 7 (pp 219-235).

Guijarro, J.A. (1986): Contribución a la bioclimatología de Baleares. Tesi doctoral inèdita. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Heras, R. (1982): *Metodología y normas de cálculo de crecidas de proyecto*. Revista de Obras Públicas, Abril-Mayo (pp. 317-329).

Hirschboek, K. (1987): *Catastrophic flooding and atmospheric circulation anomalies*. In: Mayer, L.; Nash, D. (Eds): Catastrophic flooding. Allen and Unwin. Boston. (pp. 23-56).

Homar, V. (1999): *A case of convection development over the Western Mediterranean Sea: a study through numerical simulations*. Meteorol. Atmos. Phys., 71 (pp. 169-188).

Horcajada, T. et al (2000): *La constatación y validación de los mapas de riesgo de avenidas en pequeñas cuencas hidrográficas mediante sistemas de información geográfica*. Boletín de la A.G.E., 30 (pp. 135-154).

IAHS-UNESCO-WMO (1974): Flash floods. Proceedings of the Paris symposium, September 1974. Publication 112. Wallingford.

Ibiate, A. (2008): *Análisis morfométrico de la cuenca del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas*. Boletín de la A.G.E., 38 (pp. 311-329).

Ibiate, A. (2008): *Aproximación al estudio de las crecidas históricas del río Oria: registro de eventos (siglos XVI-XX)*. Forum de sostenibilidad, 2 (pp. 79-90).

IGME (2004): Perdidas por terremotos e inundaciones en España durante el periodo 1987-2001 y su estimación en los próximos 30 años. Consorcio de Compensación de Seguros. Madrid.

IGME (2008): Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración. Serie Riesgos Geológicos/Geotécnia 1. Publicaciones del IGME. Madrid.

Jansà, A. (1972): *Mini-ciclón en Baleares (I)*. Revista de Meteorología Marítima, 10 (pp.9-15).

Jansà, A. (1997): *Peculiaritats meteorològiques de la Mediterrània Occidental*. Thetys, revista de meteorología, num. 0. ACAM.

Jarrett, R.D. (1987): *Errors in slope-area computations of peak discharges in mountain streams*. Journal of Hydrology, 96 (pp. 53-67).

Jones, J.A. (1997): Global hydrology: processes, resources and environmental management. Addison-Wesley. Londres.

Kelsch, M.E. et al (2000): *Hydrometeorology of flash floods*. In: Grunfest, E.; Handmer, J. (Eds): Coping with flash floods. NATO Advanced Study Institute. Kluwer Press. Dordrecht. (pp. 19-35).

Kirpich, Z. P. (1940): *Time of concentration of small agricultural watersheds*. Civ. Engrg., 10, 6 (pp. 362).

Laita, M. (1995): *Climatologia de la Mediterrània Occidental (1961-1990) basada en els camps de pressió, vent i vorticitat*. Revista de Ciència, 16. Institut d'Estudis Baleàrics. (pp. 93-100).

Lara, A. et al (2010): *Social perceptions of floods and flood management in a Mediterranean area (Costa Brava, Spain)*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10 (pp. 2081-2091).

Lin, X. (1999): Flash floods in arid and semi-arid zones. IHP-V Technical Documents in Hydrology nº 23.

Llasat, M.C. et al (1999): *Evolución de las inundaciones en Cataluña en los últimos quinientos años*. Ingeniería del Agua, 6 (4) (pp. 257-266).

Llasat, M.C. et al (2003): *The Montserrat-2000 flash flood event: a comparison with the floods that have occurred in the northeastern Iberian Peninsula since the 14th century*. Int. J. Climatol., 23 (pp. 453-469).

Llasat, M.C. et al (2008): *Flash floods in Catalonia: the social perception in a context of changing vulnerability*. Advances in Geosciences, 17 (pp. 63-70).

Llasat, M.C. et al (2009): *A press database on natural risks and its application in the study of floods in Northeastern Spain*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9 (2049-2061).

Llasat, M.C. et al (2010): *Flash floods in Catalonia: a recurrent situation*. Advances in Geosciences, 26 (pp. 105-111).

Llasat, M.C. et al (2013): *Towards a database on societal impact of Mediterranean floods within the framework of the HyMeX project*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13 (1337-1350).

Llasat, M.C.; Puigcerver, M. (1989): *Características meteorológicas de las inundaciones en Cataluña*. Revista de Obras Públicas, Abril (pp. 301-306).

Llop, J.; Alomar, G. (2012): *Clasificación sinóptica automática de Jenkinson y Collison para los días de precipitación mayor o igual a 200 mm en la isla de Mallorca*. Territoris, 8 (pp. 143-152).

López Alonso, R. (2001): *Propuesta de modificación del método racional*. Cimbra, 34 (342) (pp. 24-28).

Lumbroso, D.; Gaume, E. (2012): *Reducing the uncertainty in indirect estimates of extreme flash floods discharges*. Journal of Hydrology, 414-415 (pp. 16-30). doi: 10.1016/j.hydro.2011.08.048.

Martín Vide, J. (1985): Pluges e inundacions a la Mediterrània. Editorial Ketres. Barcelona.

Martín Vide, J. (1987): Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la Península Ibèrica. Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona.

Martín Vide, J.; Llasat, M.C. (2000): *Las precipitaciones torrenciales en Cataluña*. Serie Geográfica, 9. (pp. 17-26).

Mascareñas, P. (2011): Característiques i inundabilitat per rierades sobtades (flash flood) als torrents costaners del nord del cap de Creus (Catalunya). Tesi doctoral inèdita. Universitat de Barcelona. 2 toms.

Mascaró Pasarius, J. (1962): Corpus de toponímia de Mallorca. Ed. Miramar. Palma.

Mateu Bellés, J.F. (1990): *Avenidas y riesgo de inundación en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica*. Boletín de la A.G.E., 10 (pp. 45-86).

Mateu Bellés, J.F. (2002): *Hidrología mediterránea: las inundaciones*. In: Calvo, F.; Conesa, C. (Dir): Los procesos de riesgo con origen natural: naturaleza, efectos y estrategias de actuación. CAM y Universidad de Murcia. Murcia.

MMA (2005): Banco público de indicadores ambientales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Monsalve, G. (1999): Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá.

MOPU (1990): Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial. Centro de Publicaciones MOPU. Madrid.

Morin, E.; Yakir, H. (2012): *The flooding potential of convective rain cells*. Weather radar and Hydrology. IAHS Publications 351 (pp. 607-613).

O'Connor, J.; Costa, J.E. (2004): *Spatial distribution of the largest rainfall-runoff floods from basins between 2.6 and 26000 km² in the United States and Puerto Rico*. Water Resources Research, 40. W 01107. doi: 10.1029/2003WR02247.

Olcina Cantos, J. (2009): Cambio climático y riesgos climáticos en España. Investigaciones Geográficas, 49 (pp. 197-220).

Olcina Cantos, J. et al (2010): *Increased risk of flooding in the coast of Alicante (Region of Valencia, Spain)*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10 (pp. 2229-2234).

Olcina, J.; Giménez, J.M. (2002): *Riesgo de inundaciones en tierras alicantinas. Metodo y resultados*. Nimbus, 9-10 (pp. 99-123).

Ollero, A. (2014): Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones. Fundación Ecología y Desarrollo. Zaragoza.

Patton, P.C. (1988): *Drainage basin morphometry and floods*. In: Baker, V. et al: Flood Geomorphology. John Wiley&Sons. New York.

Patton, P.C.; Baker, V. (1976): *Morphometry and floods in small drainage basins, subject to diverse hydrogeomorphic controls*. Water Resources Research, 12 (pp. 941-952).

Payraastre, O. et al (2011): *Usefulness of historical information for flood frequency analyses: developments based on a case study*. Water Resources Research, 47, W08511. doi: 10.1029/2010WR009812.

Peña, P. (1891): *Inundaciones de la Ciudad de Mallorca (1403)*. Bolletí de la Societat Arqueològica Lul.liana, IV (pp. 151-154).

Pérez Cueva, A. (1983): *Precipitaciones extraordinarias en España peninsular*. Agricultura y Sociedad, 28 (pp. 189-203).

Pérez, A.P.; Poveda, R.M. (2004): *La prensa como fuente para el estudio de los riesgos de inundación*. In: Gil Olcina, A. et al (Eds): Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas. Publicaciones de la Universidad de Alicante.

Petrucci, O. et al (2012): *Flash flood occurrences since the 17th century in steep drainage basins in Southern Italy*. Environ. Manage., 50 (pp. 807-817).

Ramis, C. et al (2001): *Lluvias torrenciales*. Investigación y ciencia, 296 pp. 60-68).

Rico, M. et al (2001): *Combined paleoflood and rainfall-runoff assessment of mountain floods (Spanish Pyrenees)*. Journal of Hydrology, 245 (pp. 59-72).

Rico, M.; Benito, G. (2002): *Estimación de caudales de crecida en pequeñas cuencas de montaña: revisión metodológica y aplicación a la cuenca de Montardit (Pirineos centrales, España)*. Revista C&G, 16 (1-4) (pp. 127-138).

Riggs, H.C. (1976): *A simplified slope-area method for estimating flood discharges in channels*. J. Res. U.S. Geol. Sur., 4 (pp. 285-291).

Romero, R. et al (1999): *Daily rainfall patterns in the Spanish Mediterranean area: an objective classification*. Int. J. Climatol., 19 (pp. 95-112).

Romero, R.; Ramis, C. (2002): *Perfils de precipitacions torrencials diàries a l'Espanya mediterrània i configuracions meteorològiques associades*. Thetys, revista de meteorología, num. 2. ACAM.

Rosselló, J. (1997): *Assaig de quantificació del desenvolupament lineal del marjament en funció de la superfície graonada*. In: Varis Autors: La pedra en sec. Obra, paisatge i patrimoni. Consell Insular de Mallorca. Palma. (pp. 373-380).

Rosselló, J. (2001): Cabals a la vall de Sóller: episodis d'escorrentia intensa (1986-1980). Memòria de Tercer Cicle. Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears.

Rosselló Verger, V.M. (1964): Mallorca. El Sur y el Sureste. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación. Palma.

Rosselló Verger, V.M. (1985): *Ramblas y barrancos: un modelo de erosión mediterránea*. IX Coloquio de Geógrafos Españoles. Actas, discursos, ponencias y mesas redondas. Universidad de Murcia. (pp. 177-184).

Rullán, J. (1875): Historia de Sóller en sus relaciones con la general de Mallorca. Imprenta Guasp. Palma.

Rullán, J. (1885): Inundación de Sóller y Fornalutx. Capítulo adicional a la historia de Sóller en sus relaciones con la general de Mallorca. Imprenta Guasp. Palma.

Salamanca, M. et al (2008): *Anàlisi del risc d'inundació a la conca del torrent de Superna-Esporles. El cas del 17 d'octubre de 2007*. II Jornades d'estudis locals d'Esporles. Ajuntament d'Esporles.

Santandreu, G.; Trias, M. (2005): *El torrent de Muntanya (Escorca, Mallorca)*. Endins, 27 (pp. 7-18).

Santos Deltell, M.J. (1991): *Situaciones ciclogénicas. Estudio de precipitaciones superiores a 200 mm en 24 horas en la provincia de Alicante. 1953-1989*. Investigaciones Geográficas, 9 (pp. 129-140).

Sénési, S. et al (1996): *The Vaison-La Romaine flash flood: mesoscale analysis and predictability issues*. Weather Forecasting, 11 (pp. 417-442).

Seguí, M.; González, E. (2007): *La remodelació urbana de Sóller (1904-1914). Les intervencions dels arquitectes Guillem Reynés, Francesc Roca i Joan Rubió*. II Jornades d'Estudis Locals de Sóller. Ajuntament de Sóller. (pp. 413-425).

Segura, F. (2003): *Ramblas y barrancos: los ríos de piedras*. Mètode, 38. Universitat de València. (pp. 67-76).

Serra-Llobet, A. et al (2013): *The Tous dam disaster of 1982 and the origins of integrated flood risk management in Spain*. Natural Hazards, 65 (pp 1981-1988). doi: 10.1007/s11069-012-0458-0.

Servera, J. (1991): Morfometría fluvial del sector sud-occidental de la serra de Tramuntana (Mallorca). Memòria de llicenciatura. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Servera, J. (1992): *Anàlisi morfomètrica i quantitativa de la xarxa fluvio-torrencial del municipi de Calvià*. Treballs de Geografia, 44 (pp. 119-129).

Setmanari Sóller. Nº 6260. 21 d'Abril de 2007.

Smith, J.A. et al (2005): *Field studies of the storm event hydrologic response in an urbanizing watershed*. Water Resources Research, 41. W10413. doi: 10.1029/2004WR003712.

Strahler, A. (1964): *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks*. In: Chow, V.T. (Ed): Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill Book Co. New York.

Strahler, A. (1974): Geografía Física. Ed. Omega. Barcelona.

Sumner, G. et al (1993): *The spatial organization of daily rainfall over Mallorca, Spain*. International Journal of Climatology, 13 (pp. 89-109).

Sumner, G. et al (1995): *Daily rainfall domains in Mallorca*. Theor. Appl. Climatol., 51 (pp. 199-221).

Témez, J.R. (1991): *Generalización y mejora del método racional. Versión de la Dirección General de Carreteras de España*. Ingeniería Civil, 82 (pp. 51-56).

Témez, J.R. (2003): *Facetas del cálculo hidrometeorológico y estadístico de máximos caudales*. Revista de Obras Públicas, 3430 (pp. 47-51).

Triviño, A.; Ortiz, S. (2004): *Metodología para la modelización distribuida de la escorrentía superficial y la delimitación de zonas inundables en ramblas y ríos-rambla mediterráneos*. Investigaciones Geográficas, 35 (pp. 67-83).

Vinet, F. (2008): *Geographical analysis of damage due to flash floods in southern France: the cases of 12-13 November 1999 and 8-9 September 2002*. Applied Geography, 28 (323-336).

Xamena, p. (1967): Anys enrera. S. XVIII.I. Separata del Setmanari Felanitx. Imprenta Ramon Llull. Felanitx.

Xamena, P. (1972): Anys enrera. S.XVIII.II. Separata del Setmanari Felanitx. Imprenta Ramon Llull. Felanitx.

Xamena, P. (1974): Anys enrera. S. XVII. I. Separata del Setmanari Felanitx. Imprenta Ramon Llull. Felanitx.

Xamena, P. (1976): Anys enrera. S. XVII. II. Separata del Setmanari Felanitx. Imprenta Ramon LLull. Felanitx.

Zapata, F. (1949): *Una fórmula más para la estimación de riadas*. Revista de Obras Públicas, Junio (pp. 280-282).

ANNEX I

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

FITXES DELS AFORAMENTS A LA CONCA DE POLLENÇA 2004, 2005 I 2007

Fitxa d'aforament

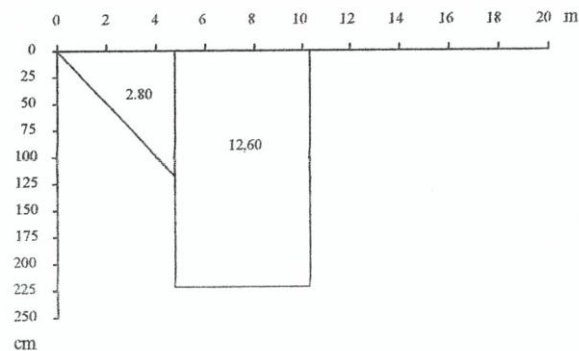
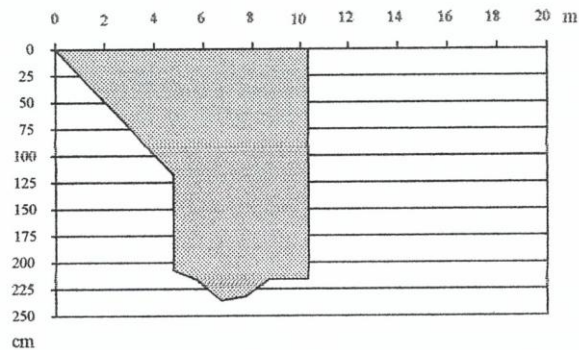
Sant Jordi 2004. 1

Conca.....	Torrent de Mortitxet	
Topònim:.....	Camí de Son Marc	
U.T.M.....	4413:33/496:03	
Data:.....	desembre 2004	
Pendent:.....	0,020	m/m
Velocitat crítica:.....	2,29	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	18	cm
Secció total:.....	15,4	m ²
Cabal Costa:.....	35,30	m ³ /s
Cabal Riggs:.....	43,37	m ³ /s
Cabal final estimat:.....	39,34	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini, del torrent. El curs va totalment desbordat en direcció sud i ha negat els sementers de Son Marc. L'aigua desbordada bota el camí de Son Marc del qual n'erosiona els mur. La correntia ajeu arbusts, els senyals de nivell són ben marcats especialment al costat nord. Gran quantitat de matèria sòlida arrossegada al fons.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

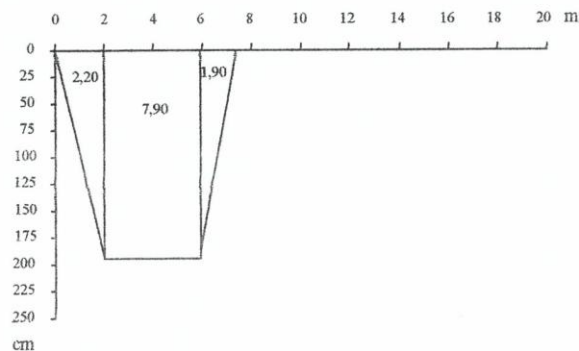
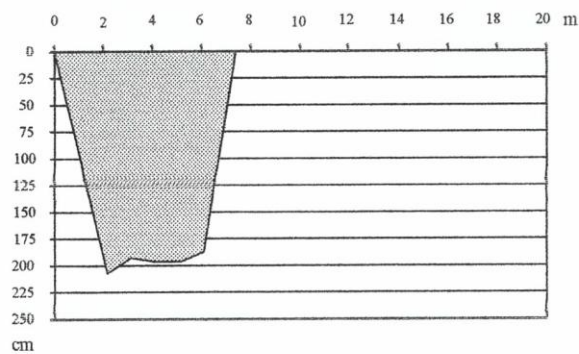
Sant Jordi 2004. 2

Conca.....	Torrent del Puig Ferrer	
Topònim:	Puig Ferrer	
U.T.M.....	4413:46/496:28	
Data:	desembre 2004	
Pendent:	0,048	m/m
Velocitat crítica:	2,69	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	25	cm
Secció total:	11,3	m ²
Cabal Costa:	30,43	m ³ /s
Cabal Riggs:	37,32	m ³ /s
Cabal final estimat:	33,88	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini d'aquest affluent del Torrent de Son Marc, punt de mesura situat aigües amunt de la carretera Lluç-Pollença. L'aigua supera els murs laterals de canalització del torrent i, en arribar a un meandre situat aigües avall del punt de mesura, fa malbé un dels laterals i escampa el cabal cap a la plana situada cap a l'est, per la que discorre en direcció sud. Torrent amb molta força erosiva i molta càrrega de fons.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

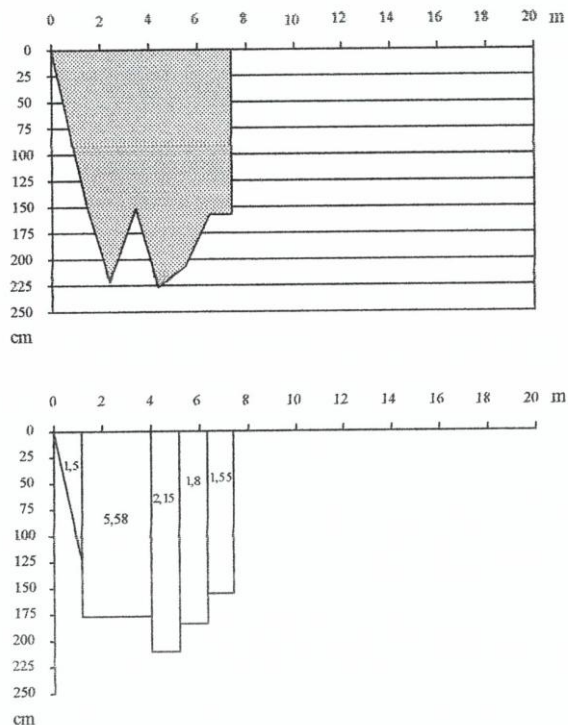
Sant Jordi 2004. 3

Conca.....	Torrent de Muntanya	
Topònim:	Son Marc	
U.T.M.	4413:19/496:24	
Data:	desembre 2004	
Pendent:	0,019	m/m
Secció total:	12,13	m ²
Cabal Riggs.:	30,77	m ³ /s
Cabal final estimat.:	30,77	m ³ /s

Descripció:

Tram final del Torrent de Muntanya abans de confluir amb el torrent de Mortitxet i formar el torrent de la Vall den Marc. Nivells relativament ben marcats i senyes molt clares. El torrent, a part del cabal que pot aportar des de capçalera (que és poc) rep grans aportacions des de la seva riba septentrional. Aquestes aportacions tenen origen en el desbordament del torrent de Mortitxet, les aigües del qual inunden el sementer de fruiters de Son Marc i transvasen en direcció al torrent de Muntanya. Coincideix amb el punt de mesura 5 de l'anàlisi de les inundacions d'abril de 2007

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

Sant Jordi 2004. 4

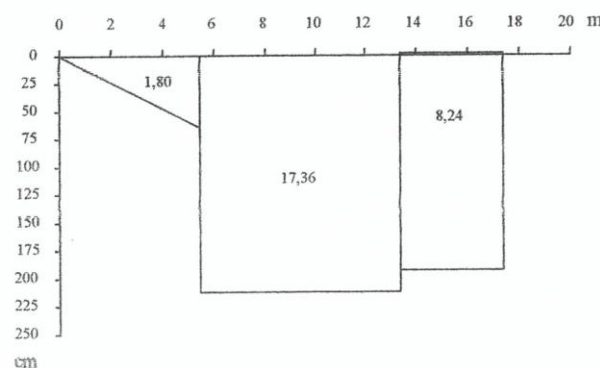
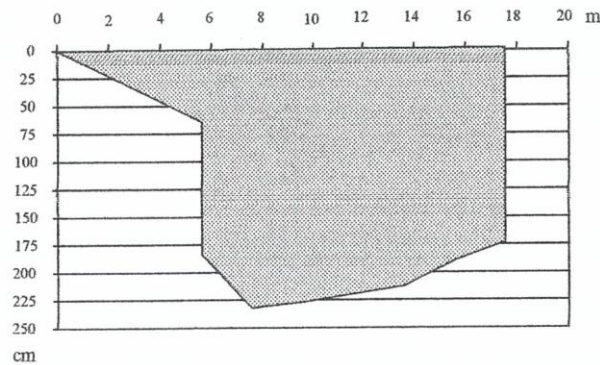
Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (1)	
Topònim:	Son Marc	
U.T.M.....	4413:39/496:39	
Data:	desembre 2004	
Pendent:	0,020	m/m
Velocitat crítica:	2,69	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	25	cm
Secció total:	27,4	m ²
Cabal Costa:	73,79	m ³ /s
Cabal Riggs:	95,88	m ³ /s
Cabal final estimat:	84,83	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini del Torrent de Son Marc aigües avall de l'aiguabarreig de les branques provinents de Muntanya, de Mortitxet i del Puig Ferrer. L'aigua omple pràcticament tot el caixer. Funciona amb una gran força i arrossega moltes de pedres de dimensió mitjana. Al fons del llit hi ha altres blocs de gran dimensions però no s'ha pogut establir amb certesa si han estat remoguts en el present episodi d'inundacions..

Coincideix amb el punt de mesura 3 de l'anàlisi de les inundacions de 2005 i el punt 6 de l'anàlisi de les inundacions de 2007

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

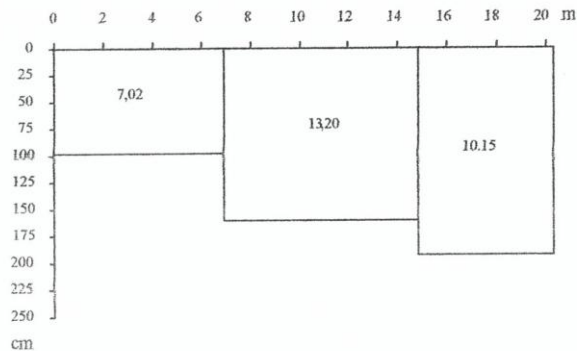
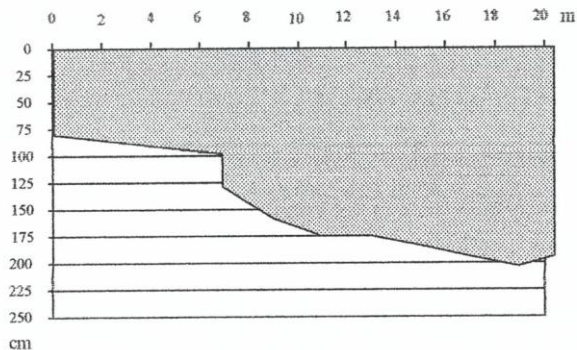
Sant Jordi 2004. 5

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (2)	
Topònim:	Cami Vell de Lluç	
U.T.M.....	4413:39/497:20	
Data:	desembre 2004	
Pendent:	0.014	m/m
Secció total:	30,37	m ²
Cabal Riggs.:	99,43	m ³ /s
Cabal final estimat.:	99,43	m ³ /s

Descripció:

El torrent de Son Marc, rera la confluència dels diferents afluents i prop de l'inici del forc amb el Camí Vell de Lluç incrementa notòriament la secció respecte als punts de mesura anteriors. Els senyals de nivell són ben marcats i la força de l'aigua ha tomba els arbusts. Es tracta d'un tram que durant l'estació freda sol dur aigua freqüentment.
Coincideix amb el punt de mesura 5 de l'anàlisi de les revingudes de novembre de 2005 i el punt de mesura 8 de l'anàlisi de les revingudes de 2007

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

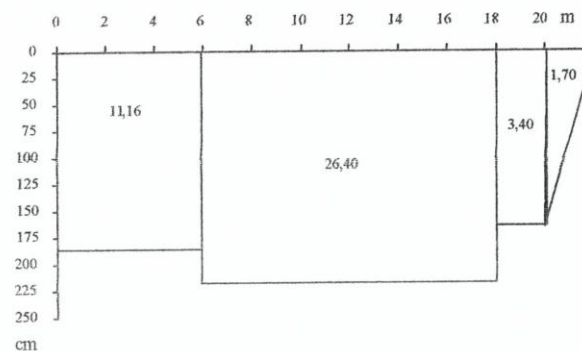
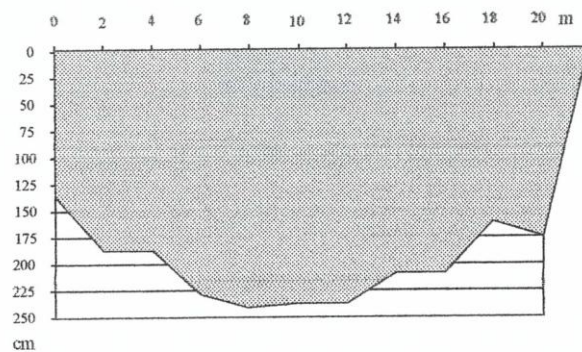
Sant Jordi 2004. 6

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (3)	
Topònim:	Camí Vell de Lluc	
U.T.M.....	4413:25/497:67	
Data:	desembre 2004	
Pendent:	0,014	m/m
Secció total:	42,66	m ²
Secció total (reduïda):	26,40	m ²
Cabal Riggs.:	158,36	m ³ /s
Cabal Riggs (secció reduïda):	81,27	m ³ /s
Cabal final estimat.:	81,27 (*)	m ³ /s

Descripció:

Secció molt àmplia i complexa amb nombrosos resalts rocallosos que sobresurten de l'aigua i exemplars d'arbres de ribera arrelats al fons del llit. La presència de la vegetació i les interferències dels resalts de roca alteren presumiblement la secció.
Coincideix amb el punt de mesura 6 de l'anàlisi de les inundacions de novembre de 2005 i 9 de les de 2007

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

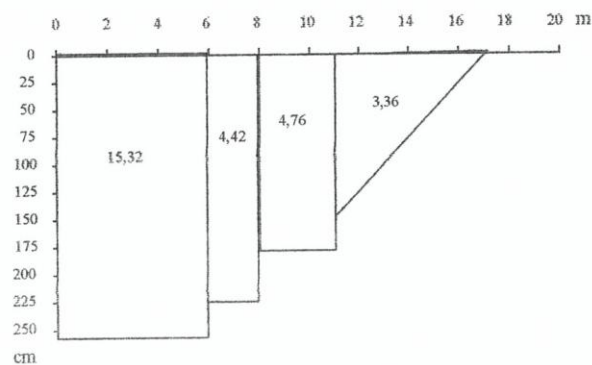
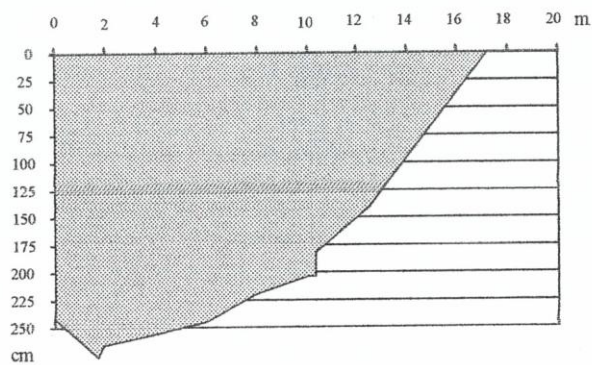
Sant Jordi 2004. 7

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (4)		
Topònim:			
U.T.M.....	4413:75/499:43		
Data:	desembre 2004		
Pendent:	0,008	m/m	
Secció total:	27,28	m ²	
Cabal Riggs.:	71,60	m ³ /s	
Cabal final estimat.:	71,60	m ³ /s	

Descripció:

Tram rectilini en què el torrent corre dins un caixer ben delimitat i excavat en els seus propis sediments. Aigües amunt la seva dinàmica està marcada per la presència de gorgs molt fons. Bons senyals de nivell, el llit està desprovist de vegetació. Coincideix amb el punt de mesura 9 de l'anàlisi de les revingudes de novembre de 2005 i 10 de les inundacions de 2007

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

Sant Jordi 2004. 8

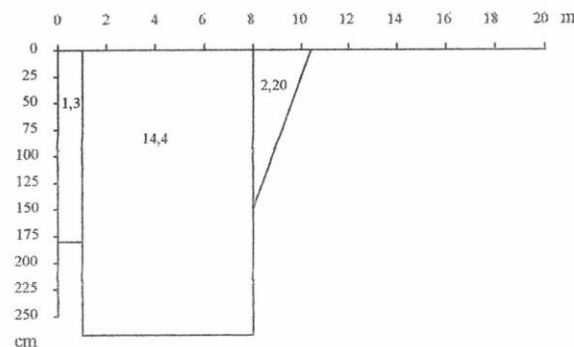
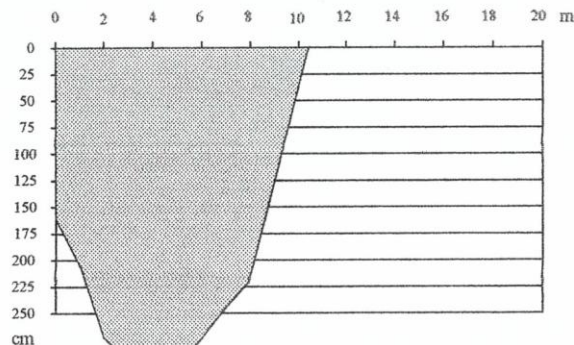
Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (5)	
Topònim:	Pont de Can Pontico	
U.T.M.....	4413:91/499:66	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0,008	m/m
Secció total:	22,96	m ²
Cabal Riggs.:	58,52	m ³ /s
Cabal final estimat.:	58,52	m ³ /s

Descripció:

Tram recta amb el torrent molt incidit, força estret i fons. Senyes de nivell bones, però amb dificultats per a establir clarament el punt màxim, a causa de l'esponerosa vegetació de les voreres. Per aquest motiu els valors mesurats són marcadament inferiors als de punts de mesura aigües amunt. Per aquest motiu els valors observats poden considerar-se únicament complementaris als que s'han apreciat a altres punts de mesura.

Coincideix amb el punt de mesura 10 de l'anàlisi de les inundacions de novembre de 2005.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

Sant Jordi 2004. 9

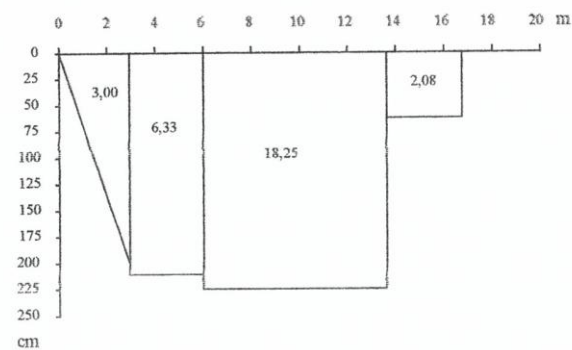
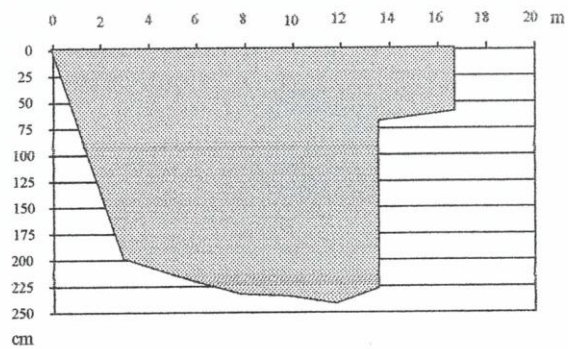
Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (6)
Topònim:.....	Pas den Barqueta
U.T.M.....	4414:47/500:33
Data:.....	desembre 2004
Pendent:.....	0,011 m/m
Secció total:.....	29,66 m ²
Cabal Riggs.:.....	89,08 m ³ /s
Cabal final estimat.:.....	89,08 m ³ /s

Descripció:

Punt de mesura aigües avall de l'antic camí Pollença-Lluc, el pont fou destruït per les torrentades de dècades anteriors.

Bones senyes de nivell, algunes d'elles marcades als arbres de ribera que creixen a les voreres del torrent. Coincideix amb el punt de mesura 11 de l'anàlisi de les inundacions de novembre de 2005.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Secció ocupada per l'aigua

Fitxa d'aforament

Sant Jordi 2004. 10

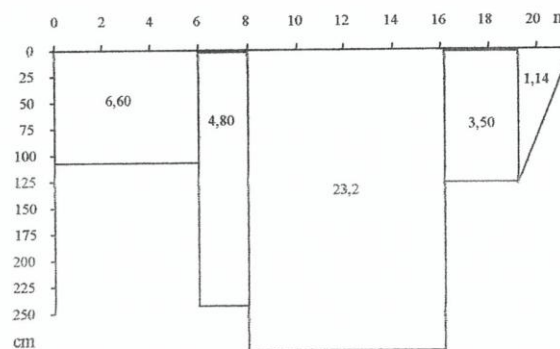
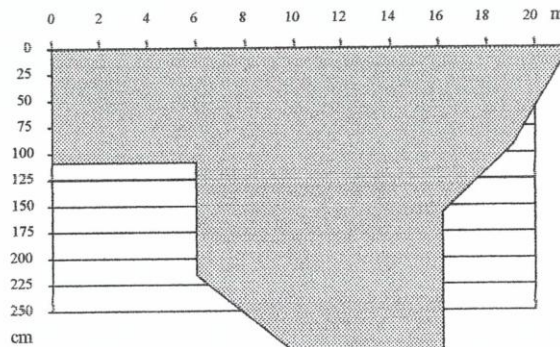
Conca.....	Torrent de Sant Jordi	
Topònim:.....	Can Barrio	
U.T.M.....	4415:37/503:99	
Data:.....	desembre 2004	
Pendent:.....	0,013	m/m
Secció total:.....	39,24	m ²
Cabal Riggs.:.....	100,55	m ³ /s
Cabal final estimat.:.....	100,55	m ³ /s

Descripció:

Punt de mesura situat aigües avall del gual/pont del camí de Can Barrio. El torrent va desbordar clarament aquest pontet, que ha estat destruït per diversos episodis de torrencial anterior (entre ells 1990) i s'ha refet diferents vegades.

La força erosiva de la torrencial és notable i ha ajeut les canyes i vegetació de les voreres. Tanmateix els nivells són marcadament inferiors als que es varen mesurar durant l'episodi de 2004. Coincideix amb el punt de mesura 20 de les inundacions de novembre de 2005

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

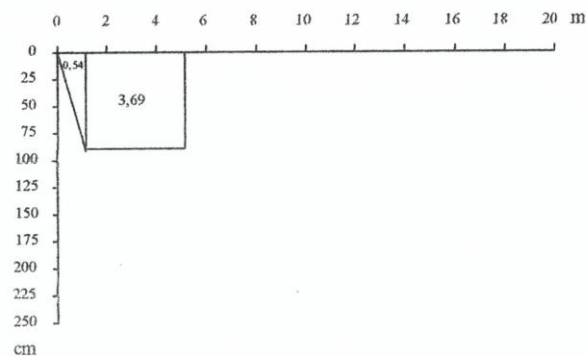
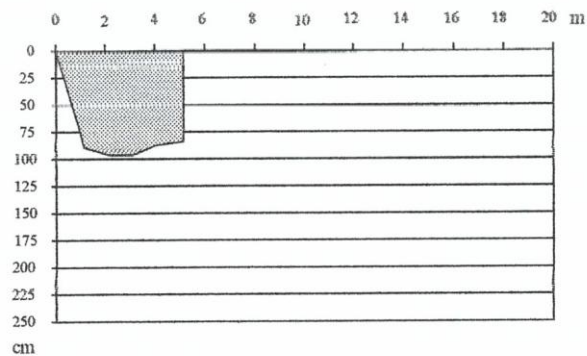
Sant Jordi 2005. 1

Conca.....	Torrent de Mortitxet	
Topònim:	Camí de Son Marc	
U.T.M.....	4413:33/496:03	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0.020	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	4.23	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	7,14	m ³ /s
Cabal final estimat.:	7,14	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini, l'aigua transcorre restringida al caixer del torrent que no es desborda. La correntia ajeu herbes i vincla petits arbusts. Els senyals de nivell són ben marcats. El costat nord de la revinguda corre enmig de vegetació.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

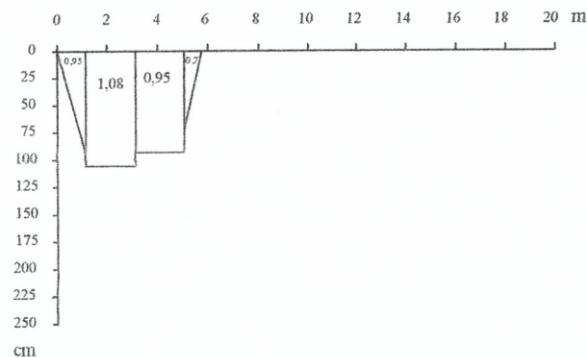
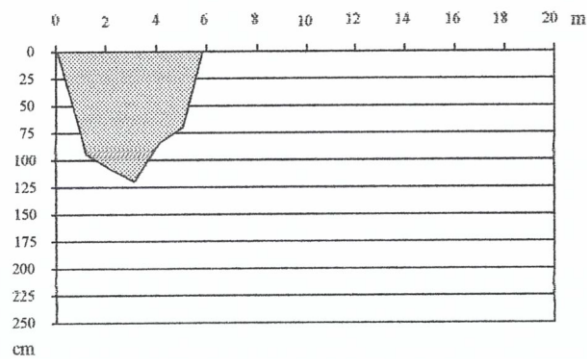
Sant Jordi 2005. 2

Conca.....	Torrent del Puig Ferrer	
Topònim:	Puig Ferrer	
U.T.M.....	4413:46/496:28	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0.048	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	4,91	m ²
Secció reduïda:	4,06	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	11,70	m ³ /s
Cabal Riggs secció reduïda:	8,98	m ³ /s
Cabal final estimat.:	8,98	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini d'aquest affluent del Torrent de Son Marc, punt de mesura situat aigües amunt de la carretera Lluc-Pollença. Els nivells no són gaire elevats, la força del corrent ajeu herbes i vincla branques. Encara que els murs de contenció dels laterals del canal varen quedar parcialment destruïts durant la torrencada de desembre de 2004 en l'episodi de 2005 no arriba a desbordar-se.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

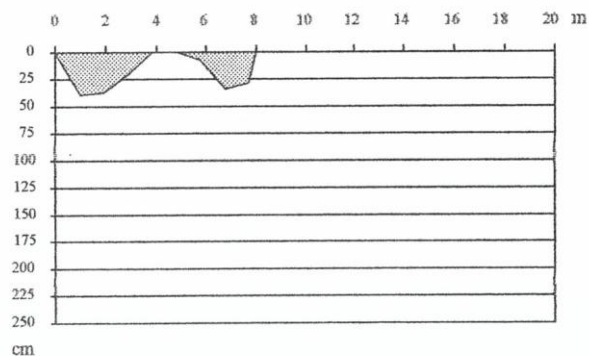
Sant Jordi 2005. 3

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (1)
Topònim:	Son Marc
U.T.M.....	4413:39/496:39
Data:	novembre 2005
Pendent:	0.020 m/m
Velocitat crítica:	1,72 m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	10 cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	cm
Secció total:	2,12 m ²
Cabal Costa.:	3,64 m ³ /s
Cabal Riggs.:	2,73 m ³ /s
Cabal final estimat.:	3,19 m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini del Torrent de Son Marc aigües avall de l'aiguabarreig de les branques provinents de Muntanya, de Mortitxet i del Puig Ferrer. L'aigua ha aconseguit tot just arribar de costat a costat del jaç del torrent, que en aquest punt és molt ample i amb el fons amb gran quantitat de còdols de gran dimensió. Sembla que una part significativa del cabal ha seguit el seu curs subsuperficialment entre els sediments del fons. Alguns dels blocs de pedra més grossos de la part central del torrent no arribaren a esser coberts per la revinguda.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

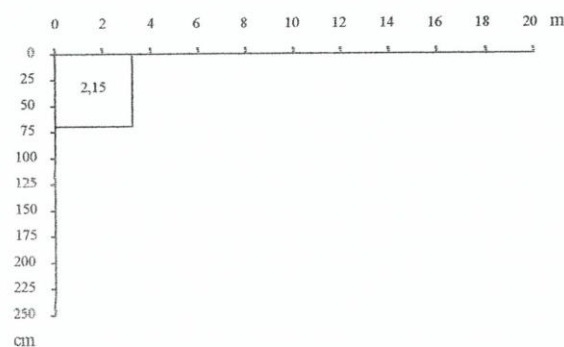
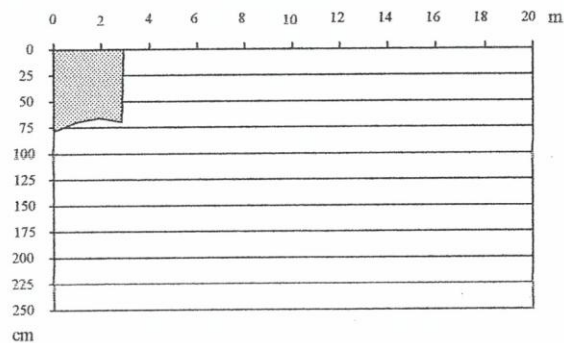
Sant Jordi 2005. 4

Conca.....	Torrent de Son Grua
Topònim:	Son Grua
U.T.M.....	4413:44/497:24
Data:	novembre 2005
Pendent:	0,040 m/m
Velocitat crítica:	2,10 m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	15 cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	cm
Secció total:	2,15 m ²
Cabal Costa:.....	4,51 m ³ /s
Cabal Riggs:.....	3,49 m ³ /s
Cabal final estimat:.....	4,00 m ³ /s

Descripció:

Torrentó de breu recorregut que a la revinguda de 2004 havia duit molt de cabal i una enorme quantitat de matèria sòlida.
Tram rectilini amb pendent fort, durant l'episodi de 2005 l'aigua transcorre amb prou força erosiva i remou sediments de torrentades anteriors.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

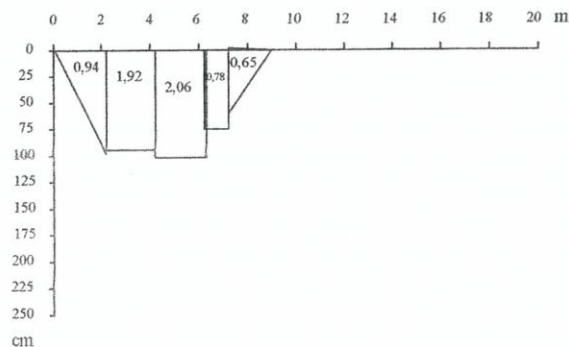
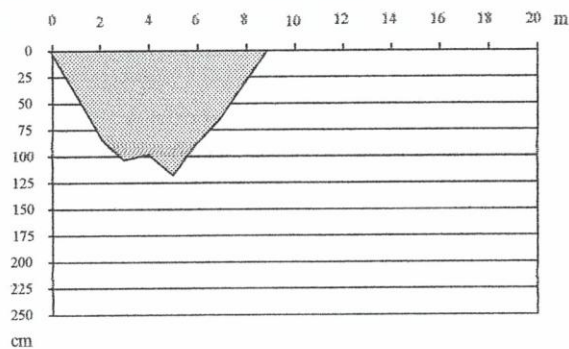
Sant Jordi 2005. 5

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (2)	
Topònim: .....	.....
U.T.M.....	4413:39/497:20	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0,014	m/m
Velocitat crítica:	1,88	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	12	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	.....	cm
Secció total:	6,36	m ²
Cabal Costa:	11,95	m ³ /s
Cabal Riggs:	11,37	m ³ /s
Cabal final estimat:	11,66	m ³ /s

Descripció:

El torrent de Son Marc, rera la confluència dels diferents afluents incrementa notòriament la secció respecte als punts de mesura anteriors. Els senyals de nivell són ben marcats i la força de l'aigua ha ajeput arbusts. Tram que durant l'estació freda sol dur aigua freqüentment.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

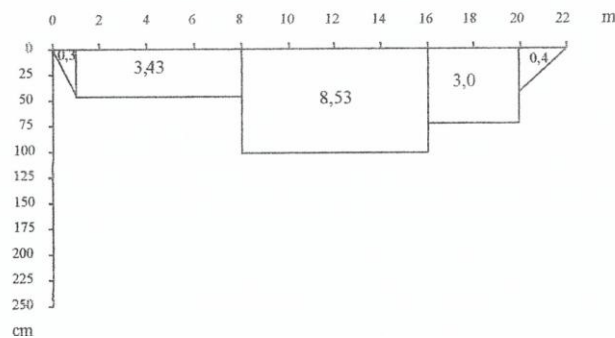
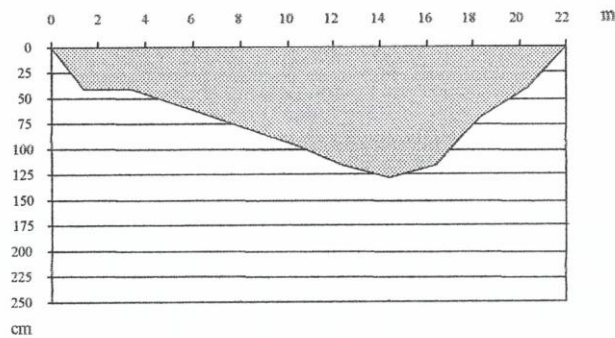
Sant Jordi 2005. 6

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (3)	
Topònim:.....	Camí Vell de Lluç	
U.T.M.....	4413:25/497:67	
Data:.....	novembre 2005	
Pendent:.....	0.014	m/m
Velocitat crítica:.....		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:.....	14,96	m ²
Secció reduïda:.....	11,53	m ²
Cabal Costa:.....		m ³ /s
Cabal Riggs:.....	36,90	m ³ /s
Cabal Riggs secció reduïda:.....	25,70	m ³ /s
Cabal final estimat:.....	25,70	m ³ /s

Descripció:

Secció molt àmplia i complexa amb nombrosos resalts rocallosos que sobresurten de l'aigua i exemplars d'arbres de ribera arrelats al fons del llit. Es pot diferenciar molt clarament el comportament del tram central, prou fons, de les àrees laterals d'aigües molt menys fondes i amb una àrea inundada amb aigua pràcticament sense correntia a la riba septentrional. Els valors observats poden considerar-se únicament complementaris als que s'han apreciat a altres punts de mesura.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

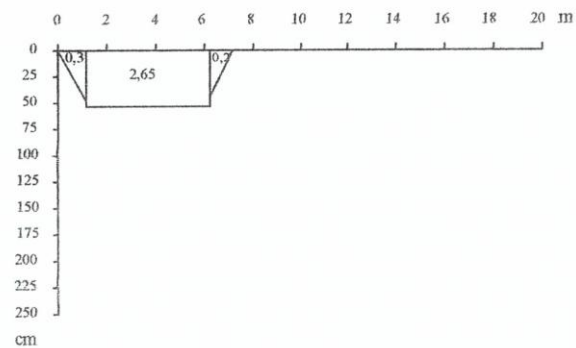
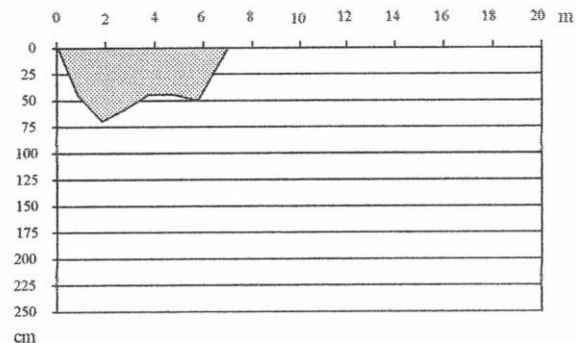
Sant Jordi 2005. 7

Conca.....	Torrent de Llinàs
Topònim:.....	
U.T.M.....	4413:83/498:85
Data:.....	novembre 2005
Pendent:.....	0,047 m/m
Velocitat crítica:.....	1,88 m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	12 cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	cm
Secció total:.....	3,12 m ²
Cabal Costa:.....	5,86 m ³ /s
Cabal Riggs:.....	6,17 m ³ /s
Cabal final estimat:.....	6,02 m ³ /s

Descripció:

Torrent que prové dels salts d'aigua de Llinàs mesurat aigües amunt del pont de la carretera Pollença-Lluc. Senyals de nivell ben mercats, encara que no són gaire elevats.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

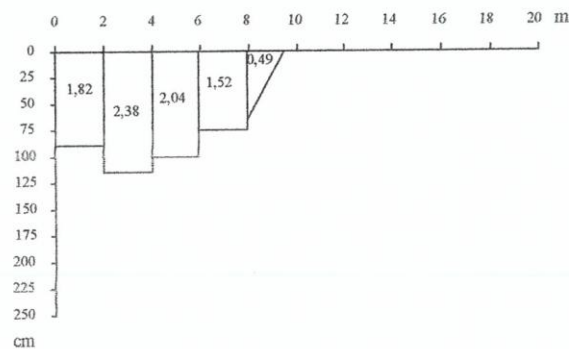
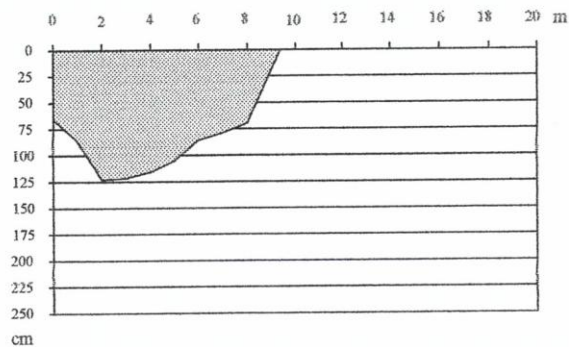
Sant Jordi 2005. 8

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (4)	
Topònim:	Hort de Llinàs	
U.T.M.....	4413:13/499:15	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0.016	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	8,25	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	16,78	m ³ /s
Cabal final estimat.:	16,78	m ³ /s

Descripció:

Tram lleugerament meandritzant del torrent, que aigües amunt del punt de mesura ataca amb força el lateral sud en un punt topogràficament proclivi a desbordament, encara que no arriba a vessar. Les senyes de nivell són molt bones, encara que clarament inferiors a les que es varen produir a les revingudes de desembre de 2004.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

Sant Jordi 2005. 9

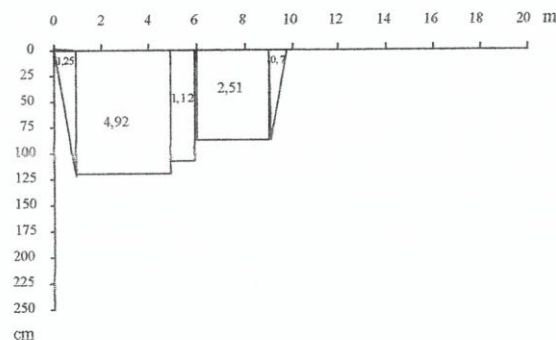
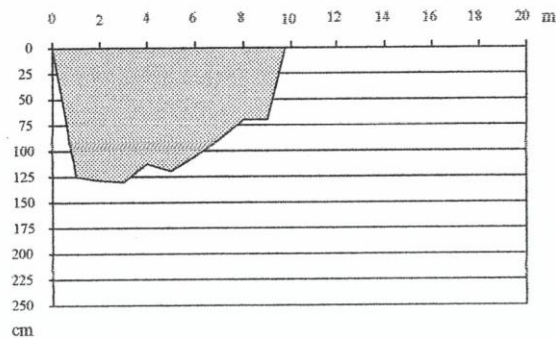
Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (5)	
Topònim:		
U.T.M.	4413:75/499:43	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0.008	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	9,46	m ²
Cabal Costa:		m ³ /s
Cabal Riggs:	16,10	m ³ /s
Cabal final estimat:	16,10	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini en què el torrent corre dins un caixer ben delimitat i excavat en els seus propis sediments. Aigües amunt la seva dinàmica està marcada per la presència de gorgs molt fons. El canal és asimètric amb un lateral d'atac (N), afectat per processos erosius, i un altre lateral (S) de sedimentació, on es conformen petites terrasses.

Bons senyals de nivell, el llit està desprovisat de vegetació.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

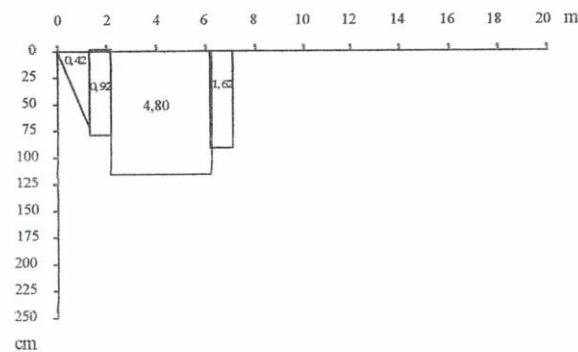
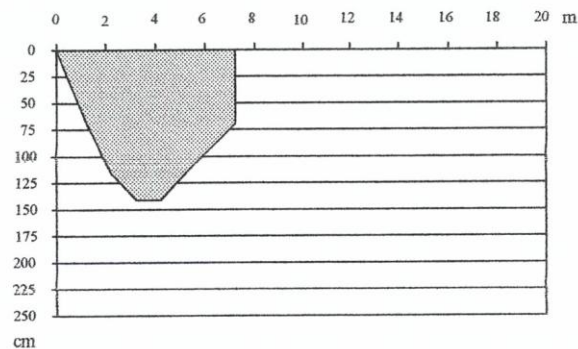
Sant Jordi 2005. 10

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (6)	
Topònim:.....	Pont de Can Pontico	
U.T.M.....	4413:91/499:66	
Data:.....	novembre 2005	
Pendent:.....	0.008	m/m
Velocitat crítica:.....		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:.....	7,76	m ²
Cabal Costa:.....		m ³ /s
Cabal Riggs:.....	12,22	m ³ /s
Cabal final estimat:.....	12,22	m ³ /s

Descripció:

Tram recta amb el torrent molt incidit, força estret i fons. Senyes de nivell bones, però amb dificultats per a establir clarament el punt màxim, a causa de l'esponerosa vegetació de les voreres. Per aquest motiu els valors mesurats són marcadament inferiors als de punts de mesura aigües amunt. Per aquest motiu els valors observats poden considerar-se únicament complementaris als que s'han apreciat a altres punts de mesura.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

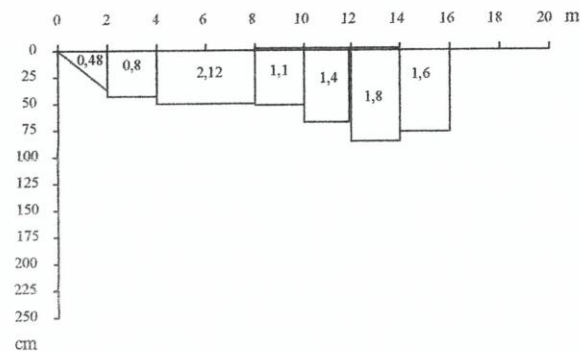
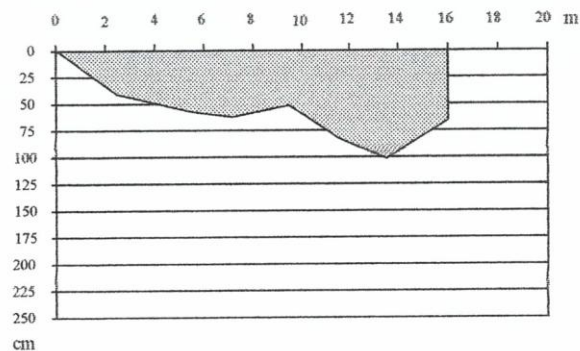
Sant Jordi 2005. 11

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (7)	
Topònim:.....	Pas den Barqueta	
U.T.M.....	4414:47/500:33	
Data:.....	novembre 2005	
Pendent:.....	0.011	m/m
Velocitat crítica:.....		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:.....	9,3	m ²
Cabal Costa:.....		m ³ /s
Cabal Riggs:.....	17,59	m ³ /s
Cabal final estimat:.....	17,59	m ³ /s

Descripció:

Punt de mesura aigües avall de l'antic camí Pollença-Lluc, el pont fou destruït per les torrentades de dècades anteriors.
Bones senyes de nivell, algunes d'elles marcades als arbres de ribera que creixen a les voreres del torrent. Hi ha indicis que la revinguda de 2004 havia tengut nivells molt superiors a la de 2005

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

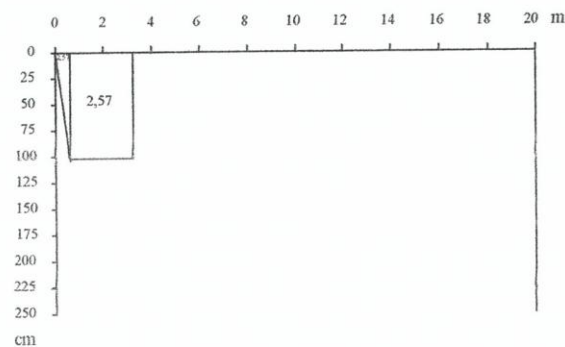
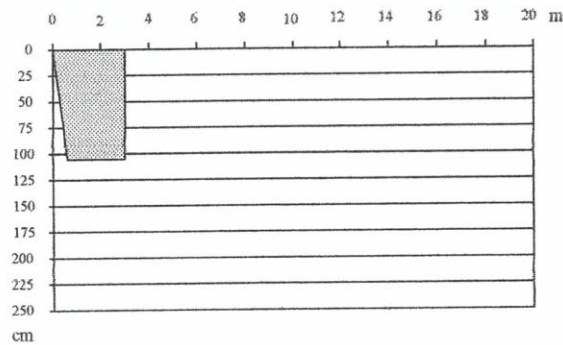
Sant Jordi 2005. 12

Conca.....	Torrent de Can Sales	
Topònim:		
U.T.M.	4414:78/500:48	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0.059	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	2,89	m ²
Cabal Costa:		m ³ /s
Cabal Riggs:	6,00	m ³ /s
Cabal final estimat:	6,00	m ³ /s

Descripció:

Torrent menor, encaixat dins una síquia de traçat artificial. Sembla que ha funcionat amb enorme força erosiva. Desemboca relativament elevat en relació al nivell del torrent de Son Marc. Senyals de revinguda molt virulenta, ha superat el pont de la carretera Pollença-Lluc i ha malmès el caixer aigües avall d'aquesta via.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

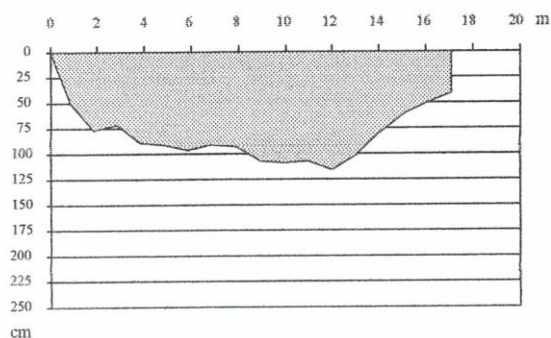
Sant Jordi 2005. 13

Conca.....	Torrent de Ternelles (1)	
Topònim:	Ternelles	
U.T.M.....	4416:13/500:35	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0,031	m/m
Velocitat crítica:	2,99	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	30	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	10,11	m ²
Cabal Costa:	29,77	m ³ /s
Cabal Riggs:	27,81	m ³ /s
Cabal final estimat.:	28,79	m ³ /s

Descripció:

Torrent amb secció molt àmplia dins la possessió de Ternelles, situat aigües amunt de l'estret que comunica aquesta vall amb la de Son Marc. Els senyals són molt clars i la quantitat de còdols que ha arrossegat és molt notòria. El tram del torrent és ple de petites obres de control d'erosió en forma de murs de contenció, els quals han quedat parcialment malmesos. Al llarg d'aquest tram del torrent hi ha indicis que el curs ha rebut moltes aportacions laterals de petits afluents.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

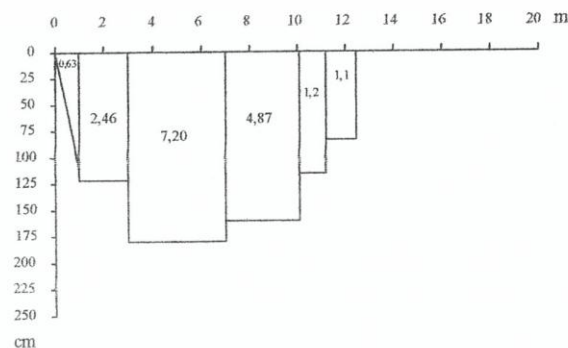
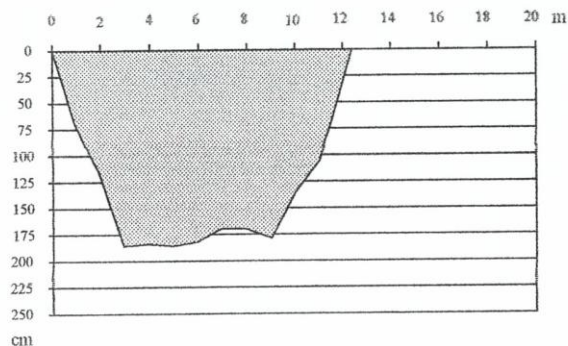
Sant Jordi 2005. 15

Conca.....	Torrent de Ternelles (3)	
Topònim:.....	Can Punxa	
U.T.M.....	4415:86/500:75	
Data:.....	novembre 2005	
Pendent:.....	0.020	m/m
Velocitat crítica:.....		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:.....	17,46	m ²
Cabal Costa:.....		m ³ /s
Cabal Riggs:.....	51,63	m ³ /s
Cabal final estimat:.....	51,63	m ³ /s

Descripció:

Sector del Torrent de Ternelles aigües avall de l'Estret. Tram ben encaixat, bones senyes de nivell. No es pot diferenciar la part de la càrrega del fons que ha estat aportada per l'episodi que s'estudia. La força del corrent ajeu les herbes i arbusts, i fins i tot ha arrabassat alguns arbres petits a causa de l'excavació de la seva base.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

Sant Jordi 2005. 16

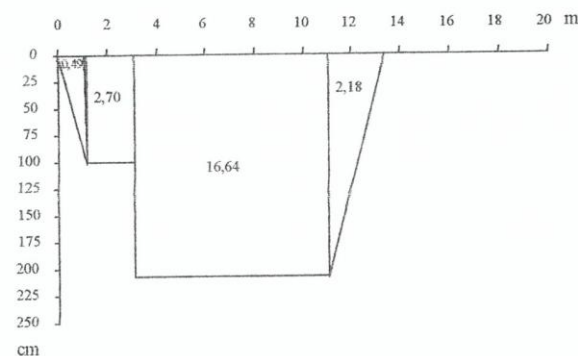
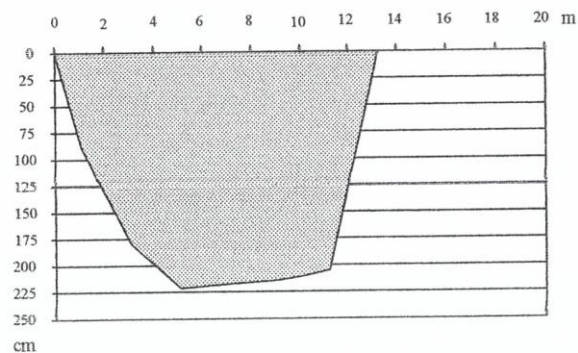
Conca.....	Torrent de Ternelles(4)	
Topònim:	L'Hort den Costa	
U.T.M.....	4415:37/500:96	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0,019	m/m
Velocitat crítica:	2,53	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	22	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	19,34	m ²
Secció reduïda:	16,64	m ²
Cabal Costa:	48,92	m ³ /s
Cabal Costa (secció reduïda):	42,09	m ³ /s
Cabal Riggs:	58,96	m ³ /s
Cabal Riggs (secció reduïda):	47,84	m ³ /s
Cabal final estimat:	44,97	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini del Torrent de Ternelles al seu pas per l'Horta de Pollença. El canal té les voreres artificialitzades amb murs de pedra en sec, així com també hi transcorre un camí paral·lel. Senyes de nivell ben remarcades.

A la seva riba oriental transcorre entre vegetació (arbusts i canyes), pel que s'ha diferenciat entre la secció total i una de reduïda.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

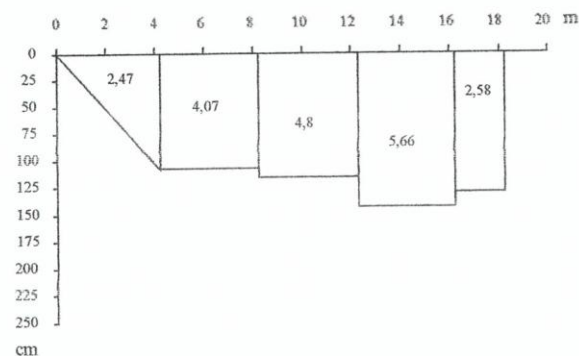
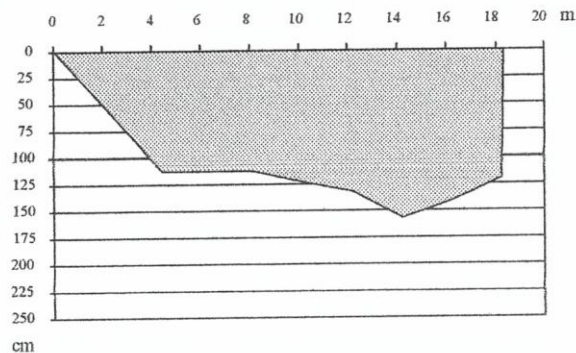
Sant Jordi 2005. 17

Conca.....	Torrent de Sant Jordi (1)	
Topònim:	Pont Romà (I)	
U.T.M.....	4414:94/501:22	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0,012	m/m
Velocitat crítica:	2,53	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	22	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	19,59	m ²
Secció reduïda:	17,11	m ²
Cabal Costa:	49,54	m ³ /s
Cabal Costa (secció reduïda):	43,28	m ³ /s
Cabal Riggs:	51,08	m ³ /s
Cabal Riggs (secció reduïda):	42,33	m ³ /s
Cabal final estimat:	42,81	m ³ /s

Descripció:

Punt de mesura situat aigües amunt del Pont Romà. Tram recte lleugerament aigües avall de la confluència entre els torrents de Son Marc i de Ternelles. El torrent ha mostrat una gran força erosiva, les senyes de màxim són molt clares. A la vorera meridional hi ha vegetació que s'ha vist afectada per la força del corrent, que ajeu els arbusts (ullastres)

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

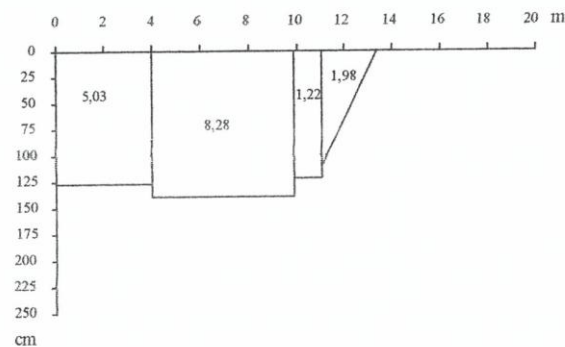
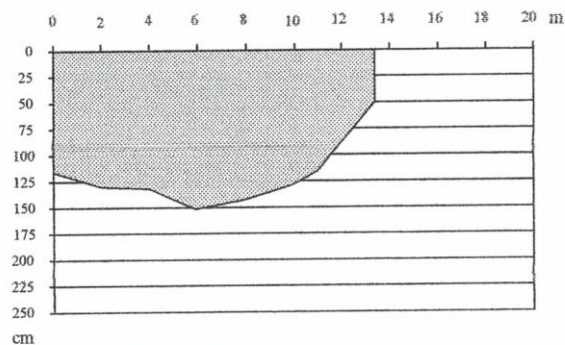
Sant Jordi 2005. 18

Conca.....	Torrent de San Jordi (2)	
Topònim:	Port Romà (II)	
U.T.M.....	4414:91/501:43	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0.015	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	16,51	m ²
Cabal Costa:		m ³ /s
Cabal Riggs:	43,42	m ³ /s
Cabal final estimat:	43,42	m ³ /s

Descripció:

Torrent de Sant Jordi vora el nucli urbà de Pollença, punt de mesura situat aigües avall del Pont Romà. El costat sud del curs està format per un mur de pedra seca que limita amb els carrers de la ciutat. Senyes bones a la vegetació de les voreres, encara que no es pot distingir entre els materials del fons remoguts a la torrentada de 2004 i 2005

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

Sant Jordi 2005. 19

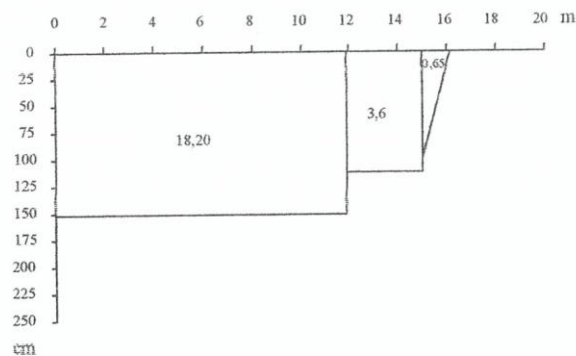
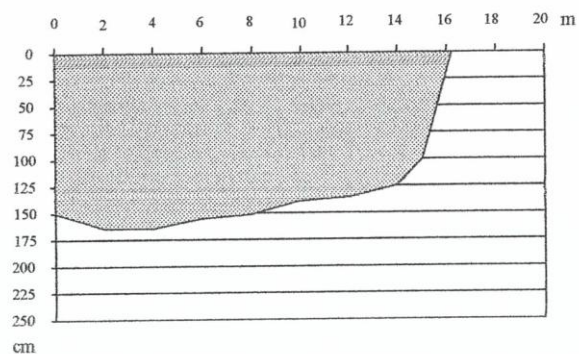
Conca.....	Torrent de Sant Jordi (3)	
Topònim:	Can Berenguer	
U.T.M.....	4415:03/502:09	
Data:	novembre 2005	
Pendent:	0.012	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	22,37	m ²
Secció reduïda:	18,2	m ²
Cabal Costa:		m ³ /s
Cabal Riggs:	61,53	m ³ /s
Cabal Riggs (secció reduïda):	46,19	m ³ /s
Cabal final estimat:	46,19	m ³ /s

Descripció:

Tram aigües avall del Pont de Can Berenguer. El curs és rectilini. La torrentada ha ocupat tot el llit i ha passat per tots els ulls del pont, fins i tot el septentrional, que només és mig i està situat amb la boca a un nivell relativament elevat.

La força del corrent ha descalçat parcialment alguns pilars centrals del pont. El caixer és particularment ample, limitat per un mur de pedra seca a la riba septentrional i per un talús amb alzines a l'esquerra. Per evitar les pertorbacions que sobre les mesures hagi pogut provocar la vegetació, s'ha establert una secció reduïda.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

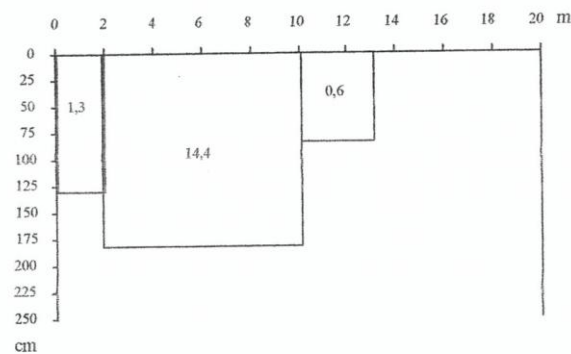
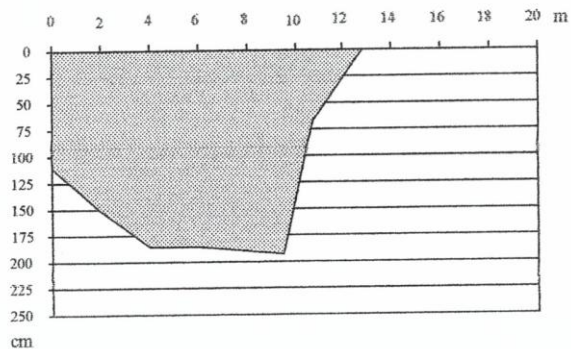
Sant Jordi 2005, 20

Conca.....	Torrent de Sant Jordi (4)	
Topònim:	Can Barrio	
U.T.M.....	4415:37/503:99	
Data:	desembre 2005	
Pendent:	0.013	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	17,6	m ²
Cabal Costa:		m ³ /s
Cabal Riggs:	45,49	m ³ /s
Cabal final estimat:	45,49	m ³ /s

Descripció:

Punt de mesura situat aigües avall del gual/pont del camí de Can Barrio. El torrent va desbordar clarament aquest pontet, que ha estat destruït per diversos episodis de torrentada anteriors (entre ells 1990) i s'ha refet diferents vegades. La força erosiva de la torrentada és notable i ha ajeput les canyes i vegetació de les voreres. Tanmateix els nivells són marcadament inferiors als que es varen mesurar durant l'episodi de 2004

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

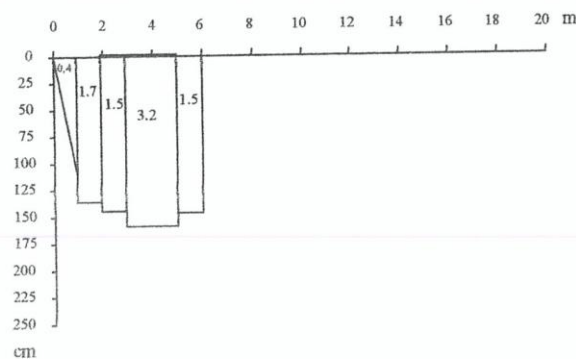
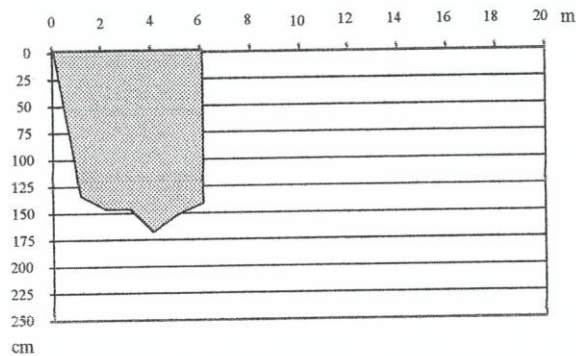
Sant Jordi 2007. 1

Conca.....	Torrent de Mortitxet	
Topònim:.....	Camí de Son Marc	
U.T.M.....	4413:33/496:03	
Data:.....	abril 2007	
Pendent:.....	0.020	m/m
Velocitat crítica:.....		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	23	cm
Secció total:.....	8.69	m ²
Cabal Costa.:.....	19.57	m ³ /s
Cabal Riggs.:.....	22.46	m ³ /s
Cabal final estimat.:.....	21.02	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini, l'aigua transcorre restringida al caixer del torrent que corre al limit de la seva capacitat però no desborda. La força de l'aigua ajeu arbusts. Rep aportacions laterals significatives des dels sementers que envolten Son Marc pel nord de la finca. La revinguda ha arrossegat molt de material sòlid.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

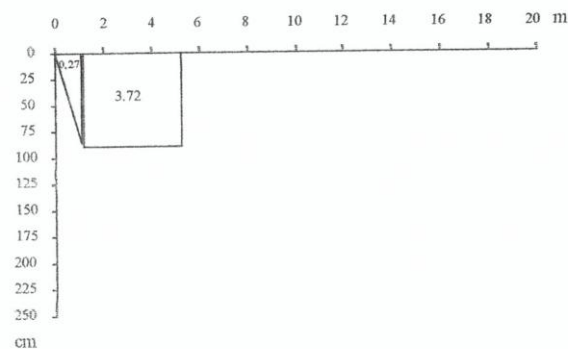
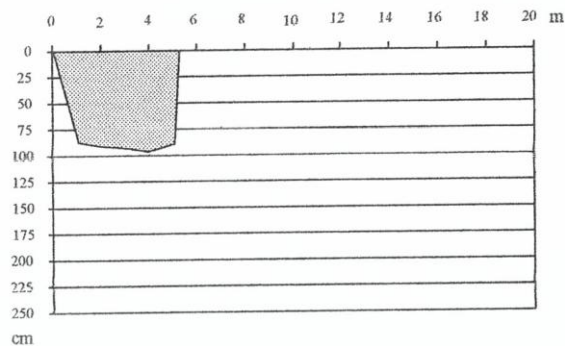
Sant Jordi 2007. 2

Conca.....	Torrent del Puig Ferrer
Topònim:	Puig Ferrer
U.T.M.....	4413:46/496:28
Data:	abril 2007
Pendent:	0.048 m/m
Velocitat crítica:	m/s
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	cm
Secció total:	3.99 m ²
Cabal Costa.:	m ³ /s
Cabal Riggs.:	8.78 m ³ /s
Cabal final estimat.:	8.78 m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini d'aquest afluent del Torrent de Son Marc, punt de mesura situat aigües amunt de la carretera Lluc-Pollença. Els nivells no són gaire elevats, la força del corrent ajeu herbes i vincla branques. Encara que els murs de contenció dels laterals del canal varen quedar parcialment destruïts durant la torrentada de desembre de 2004 en l'episodi de 2007 no arriba a desbordar-se. No hi ha gaire matèria sòlida arrossegada. Els murs laterals malmesos per les diverses torrentades i sense manteniment mostren símptomes de degradació.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

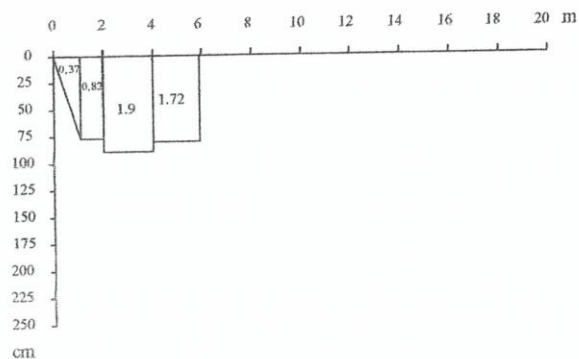
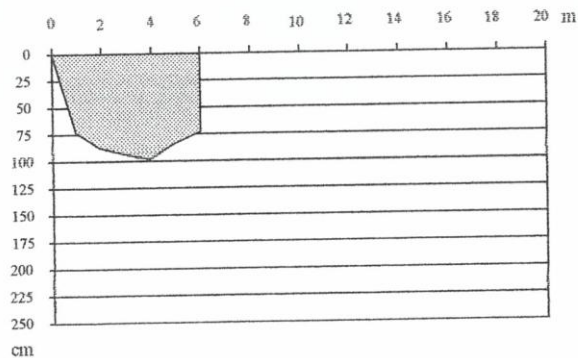
Sant Jordi 2007. 3

Conca.....	Torrent de Muntanya (1)
Topònim:.....	Son Marc
U.T.M.....	4412:67/495:74
Data:.....	abril 2007
Pendent:.....	0.014 m/m
Secció total:.....	4,81 m ²
Cabal Riggs:.....	7.67 m ³ /s
Cabal final estimat:.....	7.67 m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini del torrent de Muntanya que corre paral·lel al Camí Vell de Lluc a Pollença. Les senyes són molt clares, la força del corrent ajeu herbes i vincla branques. Els afluents que consecutivament va rebent pel seu marge meridional són més competents i amb major pendent.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

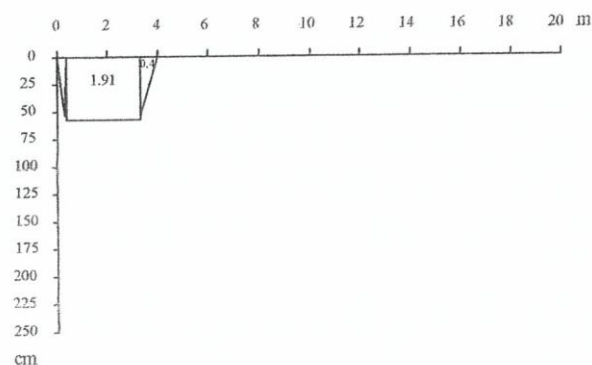
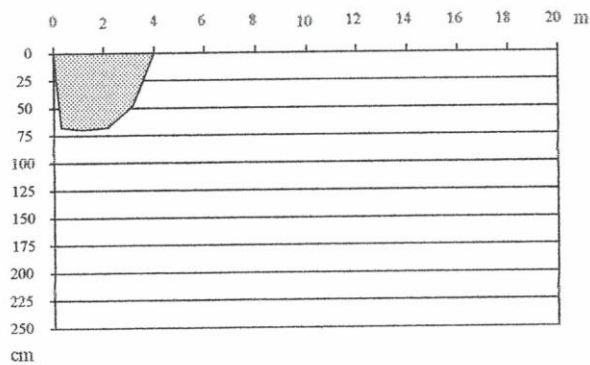
Sant Jordi 2007. 4

Conca.....	Torrent del Molinet	
Topònim:	Son Marc	
U.T.M.....	4412:69/495:86	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.020	m/m
Velocitat crítica:	2.47	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	21	cm
Secció total:	2.42	m ²
Cabal Costa:	3.31	m ³ /s
Cabal Riggs:	5.98	m ³ /s
Cabal final estimat:	4.64	m ³ /s

Descripció:

Tram final d'aquest afluent del Torrent de Muntanya, punt de mesura situat aigües amunt del seu pas davall el Camí Vell de Lluc a Pollença. Els nivells no són gaire elevats com a conseqüència de la notòria velocitat del flux. El caixer és prou net i molt incidit. La torrentada ha remogut una important quantitat de càrrega de fons en forma de còdols. Senyes de màxim molt ben marcades

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

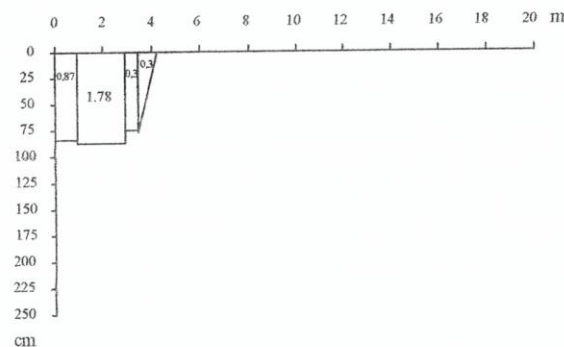
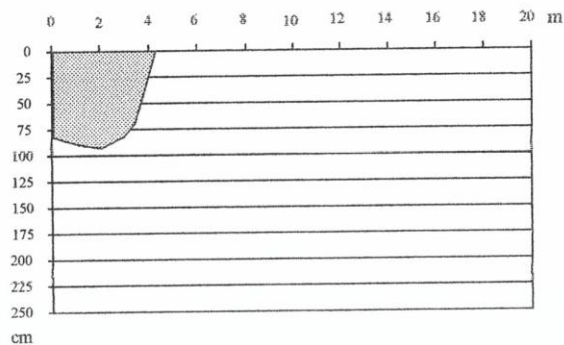
Sant Jordi 2007. 5

Conca.....	Torrent de Muntanya (2)	
Topònim:	Son Marc	
U.T.M.....	4413:19/496:24	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.019	m/m
Velocitat crítica:	2.41	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	20	cm
Secció total:	3.26	m ²
Cabal Costa:	4.95	m ³ /s
Cabal Riggs:	7.87	m ³ /s
Cabal final estimat:	6.41	m ³ /s

Descripció:

Tram final del Torrent de Muntanya abans de confluïr amb el torrent de Mortitxet i formar el torrent de la Vall den Marc. Nivells ben marcats i senyes molt clares. La torrentada que ha duit el torrent ha estat molt inferior en ordre de magnitud i força erosiva de la que venia pel torrent de Mortitxet, com queda palès per la disposició de les barres de sediments en la confluència dels dos cursos. A diferència de les revingudes anteriorment estudiades, el torrent arrossegava una notòria càrrega de fons. En aquest mateix punt a l'episodi de 2005 el cabal havia estat pràcticament nul, i durant la revinguda de 2004 l'aigua que va portar provenia del desbordament del torrent de Mortitxet i arribava després de travessar els sementers de Son Marc.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

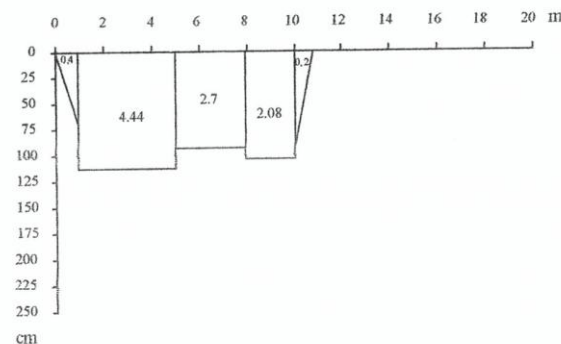
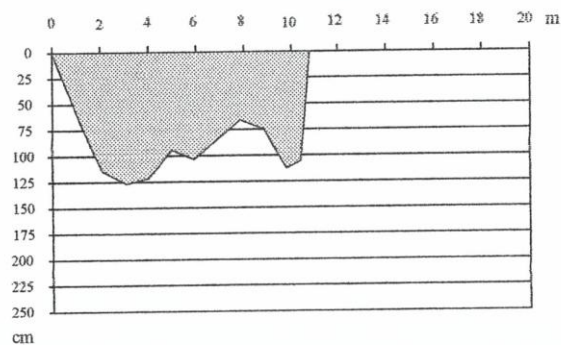
Sant Jordi 2007. 6

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (1)	
Topònim:	Son Marc	
U.T.M.....	4413:39/496:39	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.020	m/m
Velocitat crítica:	2.69	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	25	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	60	cm
Secció total:	9.8	m ²
Cabal Costa.:	22.96	m ³ /s
Cabal Riggs.:	26.39	m ³ /s
Cabal final estimat.:	24.67	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini del Torrent de Son Marc aigües avall de l'aiguabarreig de les branques provinents de Muntanya, de Mortitxet i del Puig Ferrer. L'aigua corre de costat a costat del jaç del torrent, que en aquest punt és molt ample i amb el fons amb gran quantitat de còdols de gran dimensió, aproximadament el nivell arriba a la meitat del nivell d'aigua que hi cap. Enorme quantitat de matèria sòlida arrossegada.
Coincideix amb el punt de mesura 3 de l'anàlisi de les revingudes de 2005

Secció ocupada per l'aigua



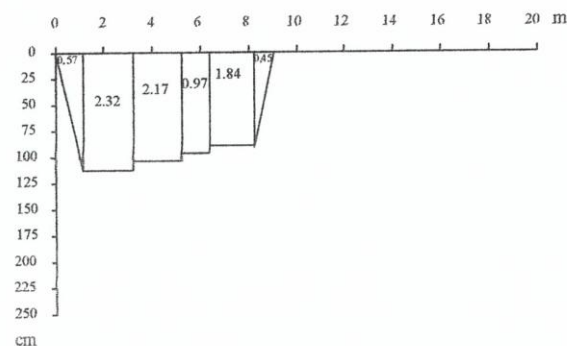
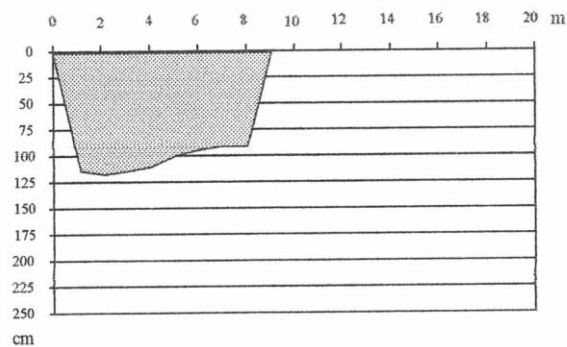
Sant Jordi 2007. 7

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (2)	
Topònim:	Son Marc	
U.T.M.....	4413:39/496:61	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.020	m/m
Velocitat crítica:	2.89	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	29	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	35	cm
Secció total:	8.32	m ²
Cabal Costa:	18.28	m ³ /s
Cabal Riggs:	24.09	m ³ /s
Cabal final estimat:	21.19	m ³ /s

Descripció:

Punt de mesura situats un poc aigües avall del punt 6, tram rectilini del Torrent de Son Marc. L'aigua corre de costat a costat del jaç del torrent, que en aquest punt és molt ample i amb el fons amb gran quantitat de còdols de gran dimensió, aproximadament el nivell arriba a la meitat del nivell d'aigua que hi cap. Enorme quantitat de matèria sòlida arrossegada.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

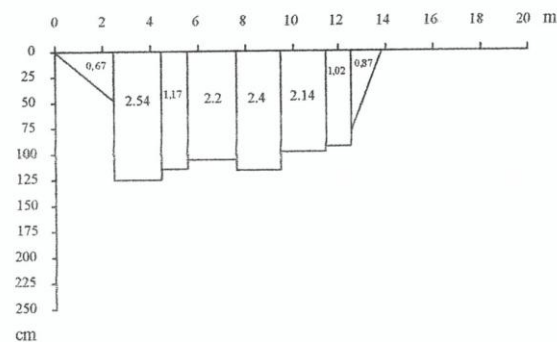
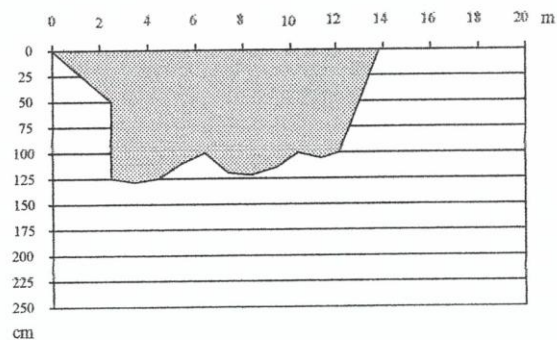
Sant Jordi 2007. 8

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (3)	
Topònim:		
U.T.M.....	4413:39/497:20	
Data:	abril 2005	
Pendent:	0.014	m/m
Velocitat crítica:	2,74	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	26	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	30	cm
Secció total:	13.01	m ²
Cabal Costa.:	30.60	m ³ /s
Cabal Riggs.:	35.71	m ³ /s
Cabal final estimat.:	33.16	m ³ /s

Descripció:

El torrent de Son Marc, rera la confluència dels diferents afluents i prop de l'inici del forç amb el Camí Vell de Lluç incrementa notòriament la secció respecte als punts de mesura anteriors. Els senyals de nivell són ben marcats i la força de l'aigua ha tomba els arbusts. Es tracta d'un tram que durant l'estació freda sol dur aigua freqüentment. Coincideix amb el punt de mesura 5 de l'anàlisi de les revingudes de novembre de 2005

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

Sant Jordi 2007. 9

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (4)	
Topònim:	Camí Vell de Lluc	
U.T.M.....	4413:25/497:67	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.014	m/m
Secció total:	22.68	m ²
Cabal Riggs:	65.80	m ³ /s
Cabal final estimat:	65.80 (*)	m ³ /s

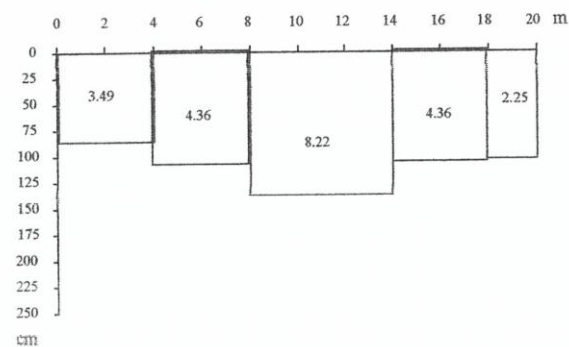
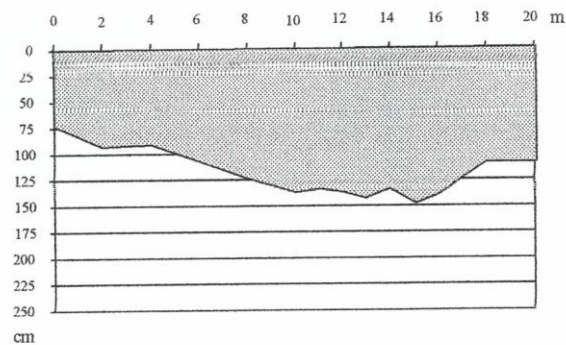
Descripció:

Secció molt àmplia i complexa amb nombrosos resalts rocallosos que sobresurten de l'aigua i exemplars d'arbres de ribera arrelats al fons del llit. La presència de la vegetació i les interferències dels resalts de roca alteren presumiblement la secció.

Els valors observats poden considerar-se únicament complementaris als que s'han apreciat a altres punts de mesura.

Coincideix amb el punt de mesura 6 de l'anàlisi de les inundacions de novembre de 2005

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

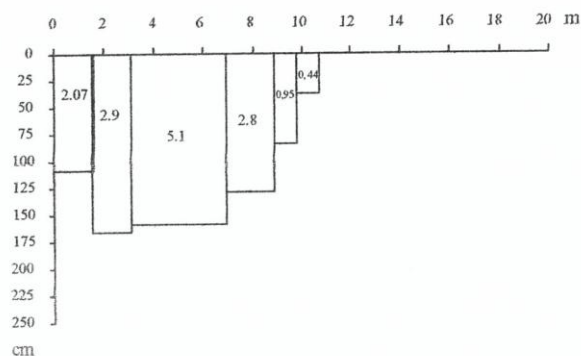
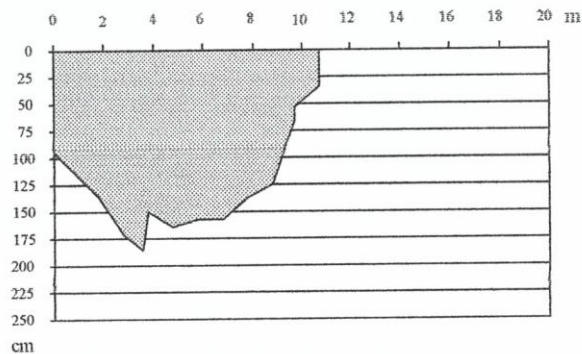
Sant Jordi 2007. 10

Conca.....	Torrent de la Vall den Marc (5)	
Topònim: .....	.....
U.T.M.....	4413:75/499:43	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.008	m/m
Secció total:	16.22	m ²
Cabal Riggs.:	34.76	m ³ /s
Cabal final estimat.:	34.76	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini en què el torrent corre dins un caixer ben delimitat i excavat en els seus propis sediments. Aigües amunt la seva dinàmica està marcada per la presència de gorgs molt fons. Bons senyals de nivell, el llit està desprovist de vegetació. Coincideix amb el punt de mesura 9 de l'anàlisi de les revingudes de novembre de 2005

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

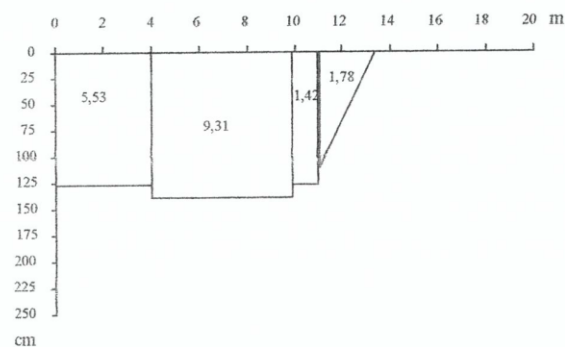
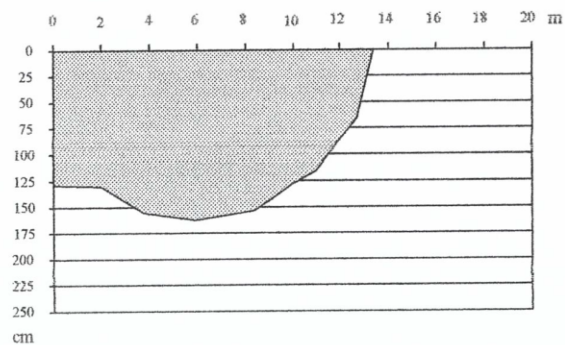
Sant Jordi 2007. 11

Conca.....	Torrent de San Jordi	
Topònim:	Port Romà (II)	
U.T.M.....	4414:91/501:43	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0,015	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	18,04	m ²
Cabal Costa:		m ³ /s
Cabal Riggs:	44,60	m ³ /s
Cabal final estimat:	44,60	m ³ /s

Descripció:

Torrent de Sant Jordi vora el nucli urbà de Pollença, punt de mesura situat aigües avall del Pont Romà. El costat sud del curs està format per un mur de pedra seca que limita amb els carrers de la ciutat. Senyes bones a la vegetació de les voreres, encara que no es pot distingir amb seguretat els materials del fons els remoguts per la darrera torrentada. Coincideix en el punt de mesura 18 de l'anàlisi de les torrentades de 2005

Secció ocupada per l'aigua



FITXES DELS AFORAMENTS A LA CONCA DE SÓLLER DE 2006 I 2007

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

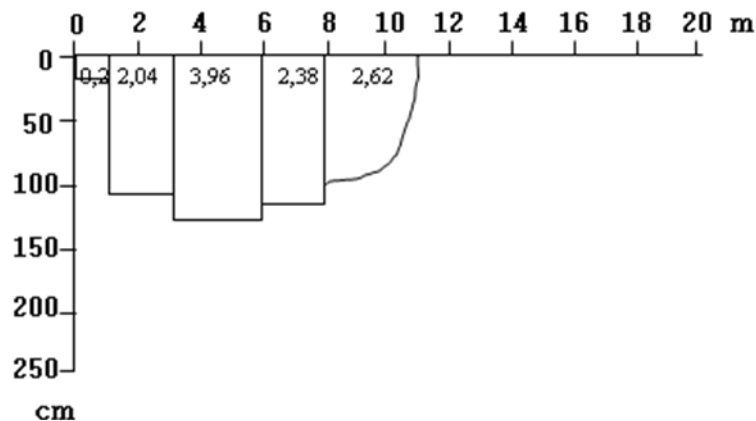
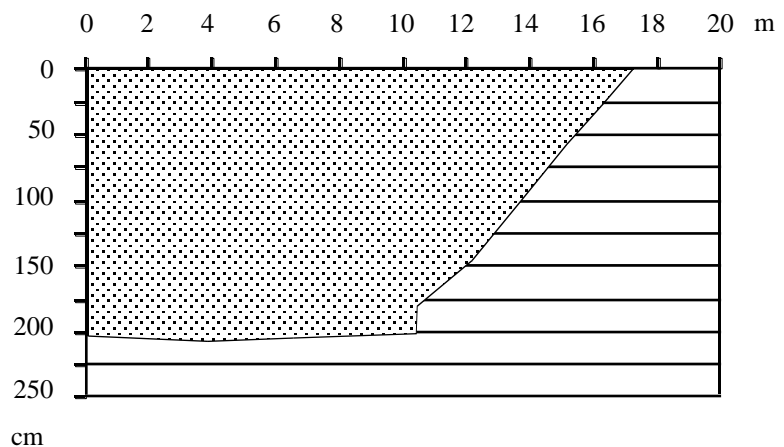
Major 2006. 1

Conca	Torrent Fornalutx	
Topònim: .....	.....
U.T.M.....	475721/4402590	
Data:	gener 2007	
Pendent:	0.011	m/m
Velocitat crítica: .....	.....	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	.....	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	.....	cm
Secció total:	11.20	m ²
Cabal Costa.: .....	.....	m ³ /s
Cabal Riggs.:	23.00	m ³ /s
Cabal final estimat:	23.00	m ³ /s

Descripció:

Torrent mesurat al tram immediatament anterior a la confluència amb el Major. Tram prou recte amb senyes clares. A la riba oriental l'aigua ajeu la vegetació arbustiva mentre que al costat occidental corre paral·lel al llit una canalització d'aigües residuals entubada dins formigó, el nivell del qual fou superat per la torrentada.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

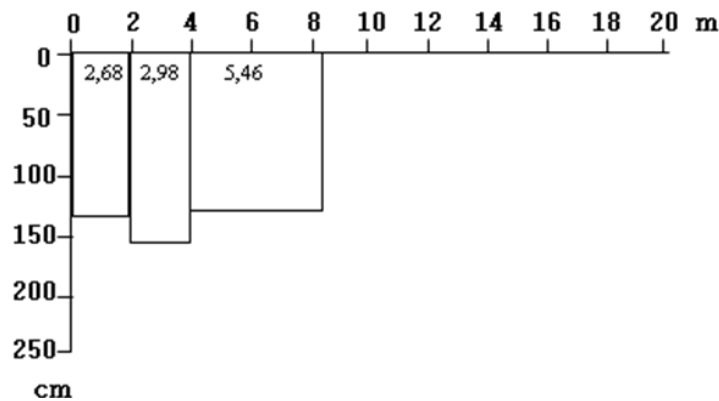
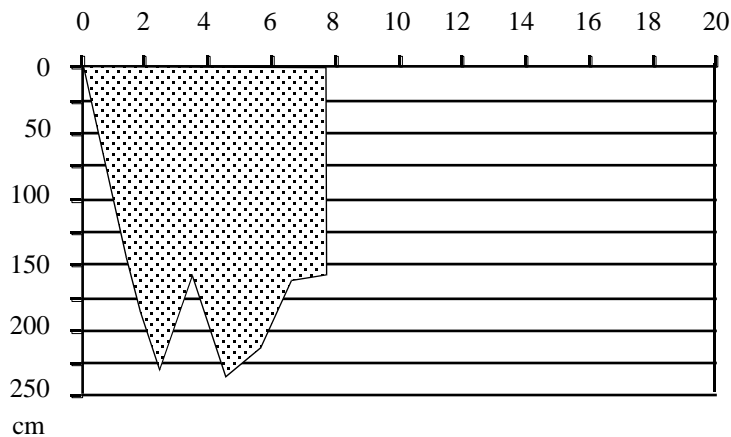
Major 2006. 2

Conca	Torrent de's Coll	
Topònim:	La Solidez	
U.T.M.....	475715/4402592	
Data:	gener 2007	
Pendent:	0.011	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	11.12	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	22.77	m ³ /s
Cabal final estimat:	22.77	m ³ /s

Descripció:

Tram del torrent que corre dins l'entramat urbà de Sóller. Fons pedregós i laterals amb murs de pedra. Al costat septentrional hi ha una conducció d'aigües brutes sobre un caire encimentat, nivell que no va superar la torrentada. Hi ha una lleugera meandrització al costat meridional, amb una notòria acumulació de vegetació enmig de la qual l'aigua ha corregut amb poca força.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

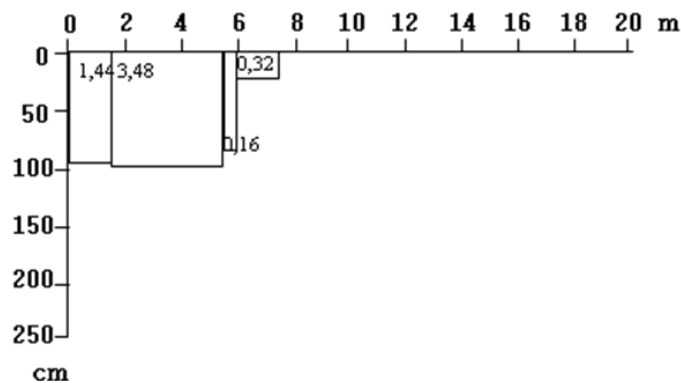
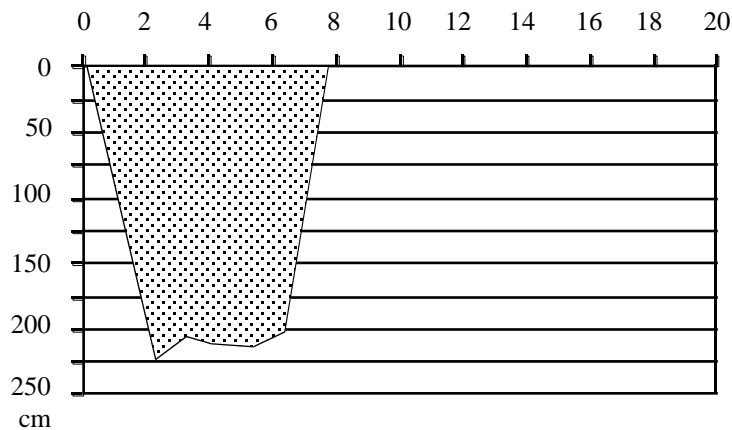
Major 2006. 3

Conca	Torrent Biniaraix	
Topònim:	Pont d'Andreu Coll	
U.T.M.	475741/4402407	
Data:	gener 2007	
Pendent:	0.011	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats		cm
Secció total:	5.40	m ²
Cabal Costa:		m ³ /s
Cabal Riggs:	8.34	m ³ /s
Cabal final estimat:	8.34	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini situat aigües amunt de la confluència amb el torrent de's Coll. El llit mostra importants modificacions, amb parets de pedra i també d'obra. Al costat SW hi ha una conducció d'aigües brutes que va sobre un caixer de formigó. Les senyes de nivell són acceptables però el torrent no mostra gaire força ni nivells elevats. Apareixen plantes herbàcies ajegudes i no arrossega material.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

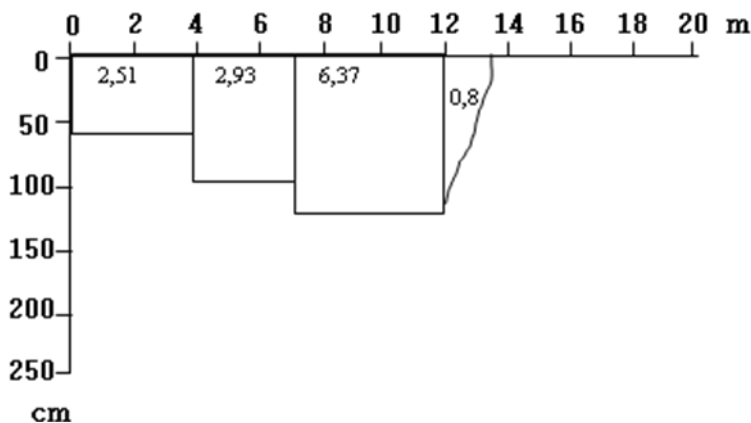
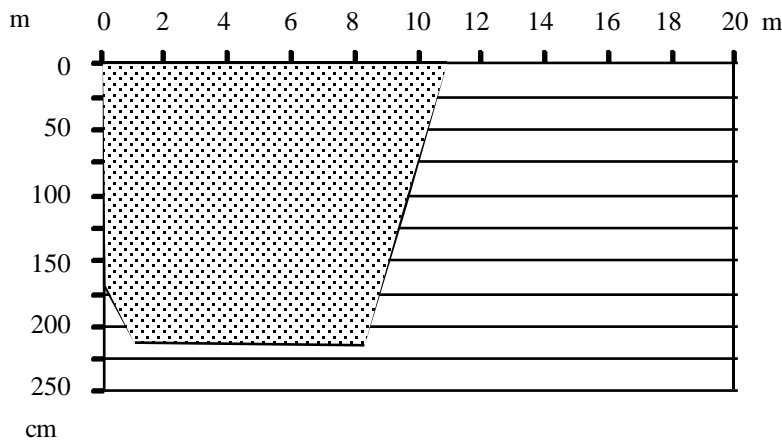
Major 2006. 4

Conca.....	Torrent Major	
Topònim:.....	Passadora	
U.T.M.....	475684/4402470	
Data:.....	gener 2007	
Pendent:.....	0.010	m/m
Velocitat crítica:.....		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:.....	12.61	m ²
Cabal Costa.:.....		m ³ /s
Cabal Riggs.:.....	26.32	m ³ /s
Cabal final estimat:.....	26.32	m ³ /s

Descripció:

Punt situat aigües avall del aiguabarreig del torrent de's Coll i del de Biniaraix. Les senyes són clares i s'ha produït arrossegament de còdols i de sediments. A la part septentrional del llit s'hi troba una canalització d'aigües brutes dins una caixa de formigó de forma quadrangular.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

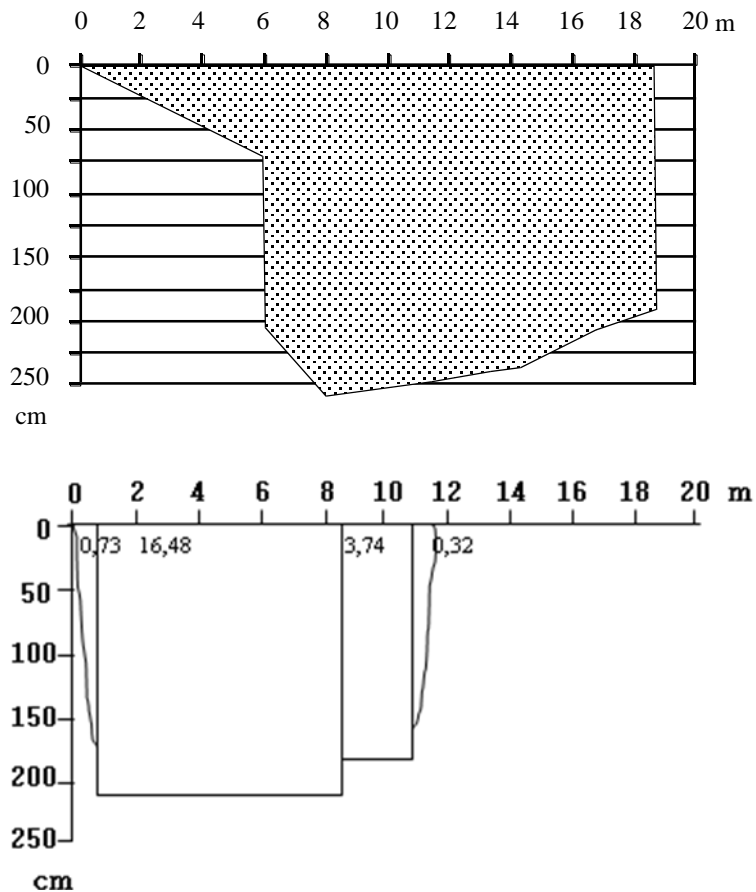
Major 2006. 5

Conca	Torrent Major	
Topònim:	Depuradora vella	
U.T.M.....	474966/4402914	
Data:	gener 2007	
Pendent:	0.005	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	21.27	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	43.59	m ³ /s
Cabal final estimat:	43.59	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini situat després de la confluència amb el torrent dels Cinc Ponts. Les senyes són de bona qualitat, la força de l'aigua ha ajeput canyes i arbusts de les voreres. El jaç és pedregós i els laterals són murs de pedra en sec.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

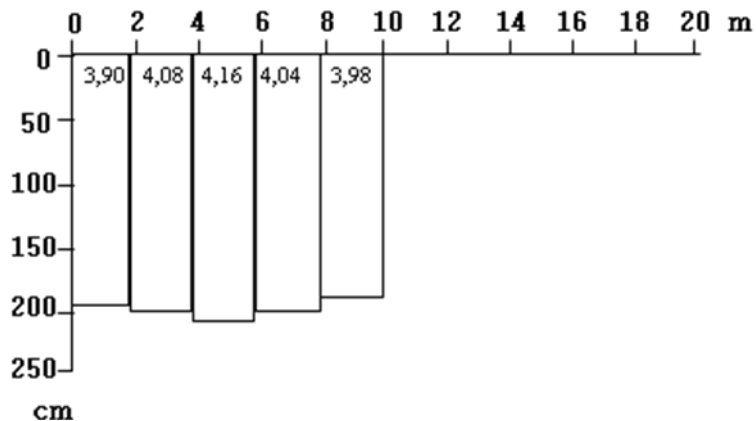
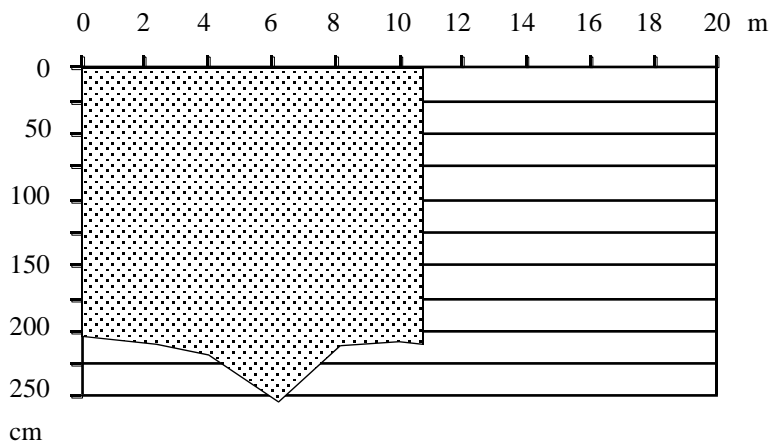
Major 2006. 6

Conca	Torrent Major	
Topònim:	Pont de ca n'Aí	
U.T.M.....	474485/4403600	
Data:	gener 2007	
Pendent:	0.005	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	20.16	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	40.46	m ³ /s
Cabal final estimat:	40.46	m ³ /s

Descripció:

Tram on conflueixen el torrent de ca n'Aí i el torrent des Jaiot amb el Major. Ademés diferents aixugadors també s'afegeixen al recorregut. Les parets laterals són marges de pedra seca i el fons del llit està empedrat ja que hi ha un gual. No hi ha vegetació que pugui ser ajeguda però si senyes clares als marges i restes de sediments arrossegats.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

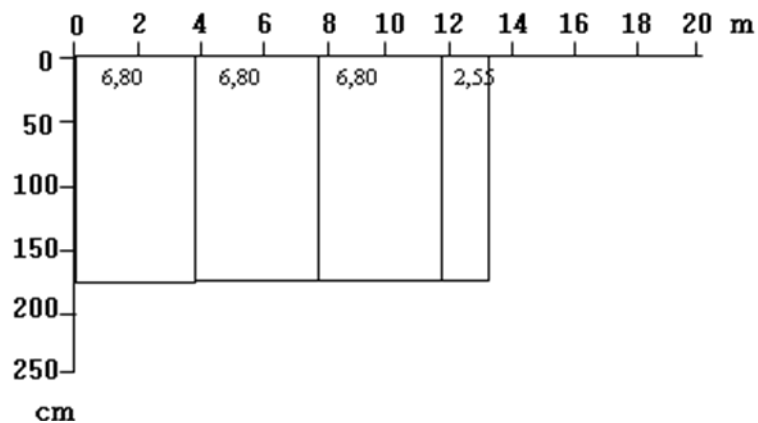
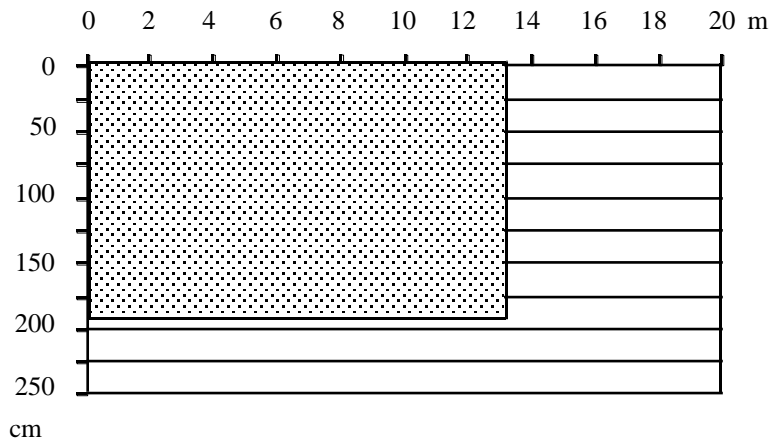
Major 2006. 7

Conca	Torrent Major	
Topònim:	Pont de ca'n Repic	
U.T.M.....	473967/4404115	
Data:	gener 2007	
Pendent:	0.005	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	17.08	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	29.92	m ³ /s
Cabal final estimat:	29.92	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini aigües avall de l'estació d'aigua de Sa Costera. El llit està encimentat i tancat per murs de formigó d'1,80 metres. L'aigua no supera els murs per centímetres. No hi ha vegetació ni restes de sediments.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

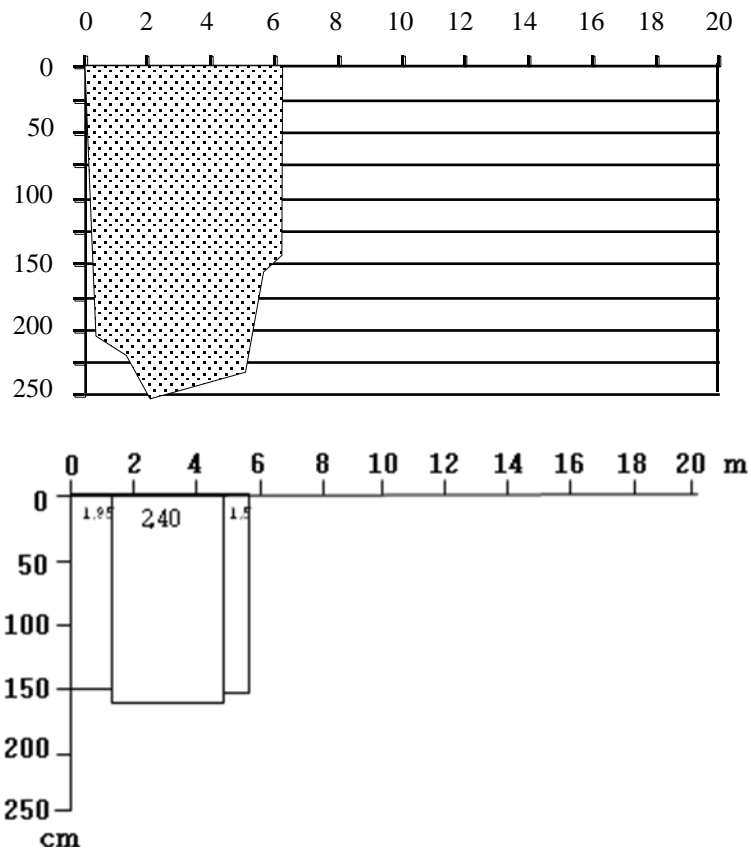
Major 2007. 1

Conca	Torrent de's Coll	
Topònim:	Sa Torrentera	
U.T.M.....	475445/4401423	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.011	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	5.87	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	9.37	m ³ /s
Cabal final estimat:	9.37	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini amb pendent després abans d'arribar a l'estació on el llit queda tapat per l'espai urbà. El llit està empedrat i els murs del voltant són de pedra en sec. Els laterals presenten vegetació arbustiva i canyes que foren ajegudas per l'aigua.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

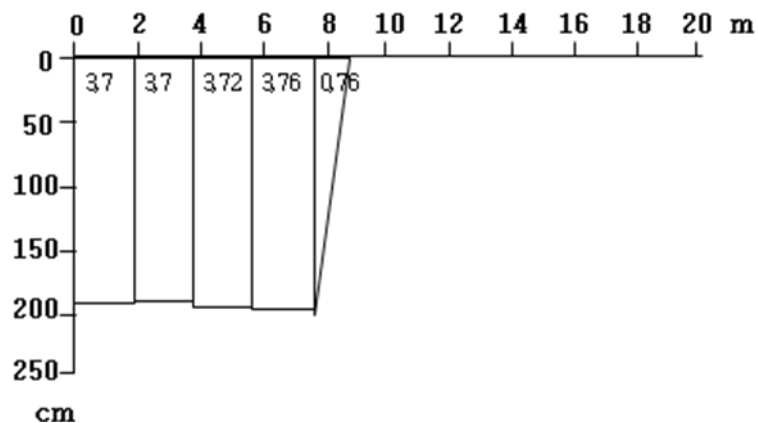
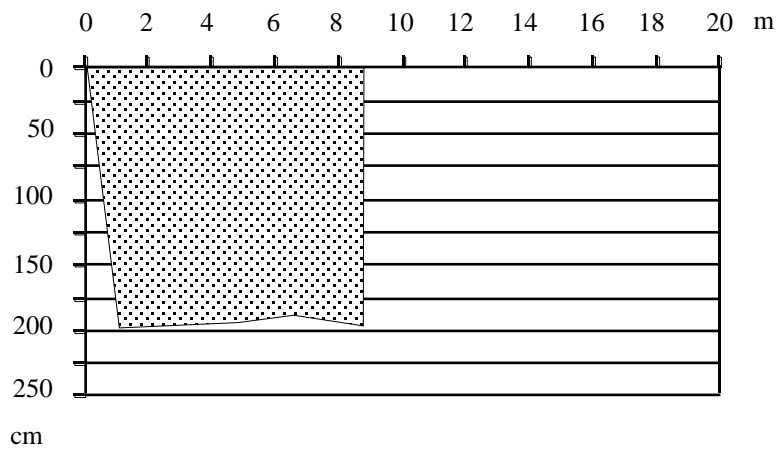
Major 2007. 2

Conca	Torrent Fornalutx	
Topònim:	Ca'n Rave	
U.T.M.....	475997/4402523	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.011	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	11.94	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	25.14	m ³ /s
Cabal final estimat:	25.14	m ³ /s

Descripció:

Tram aigües amunt del pont de Ca'n Rave, amb el jaç cobert per còdols de diferents tamanyis i també restes antròpiques. Els laterals són murs de pedra en sec amb vegetació arbustiva que l'aigua no tombà en la seva totalitat. Les senyes són molt clares.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

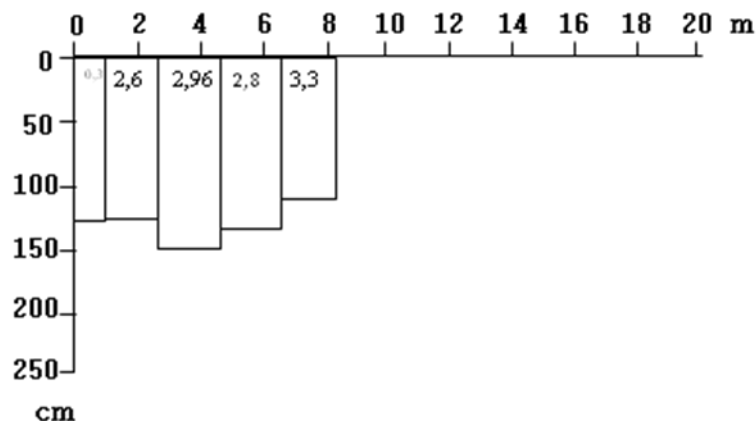
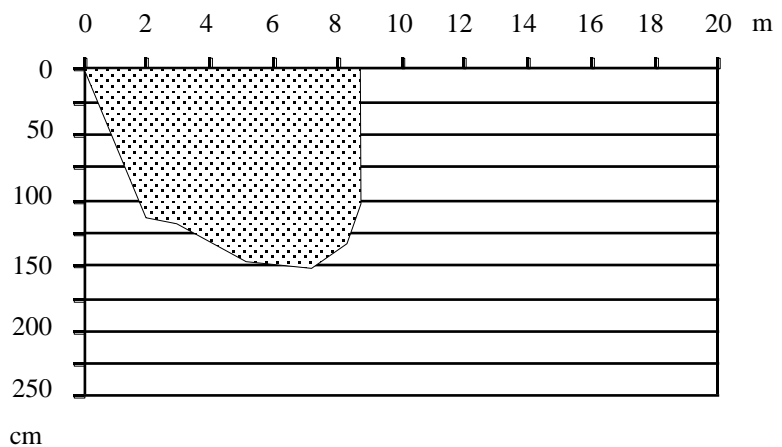
Major 2007. 3

Conca	Torrent Fornalutx	
Topònim: .....	.....
U.T.M.....	475721/4402590	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.011	m/m
Velocitat crítica: .....	.....	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	.....	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	.....	cm
Secció total:	11.56	m ²
Cabal Costa.: .....	.....	m ³ /s
Cabal Riggs.:	25.20	m ³ /s
Cabal final estimat:	25.20	m ³ /s

Descripció:

Torrent mesurat al tram immediatament anterior a la confluència amb el Major. El jaç té un sòl pedregós. A la part oriental l'aigua ajeu la vegetació arbustiva mentre que al costat occidental corre paral·lel al llit una canalització d'aigües residuals dins un caixer de formigó, nivell que fou superat per la torrentada. Es correspon amb el punt de mesura 1 de la torrentada del 2006.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

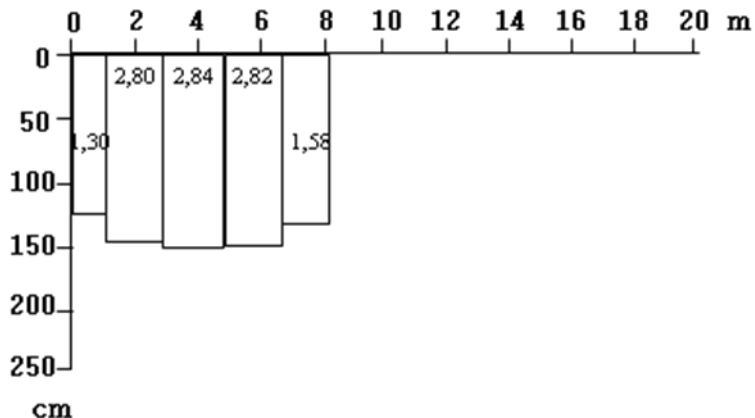
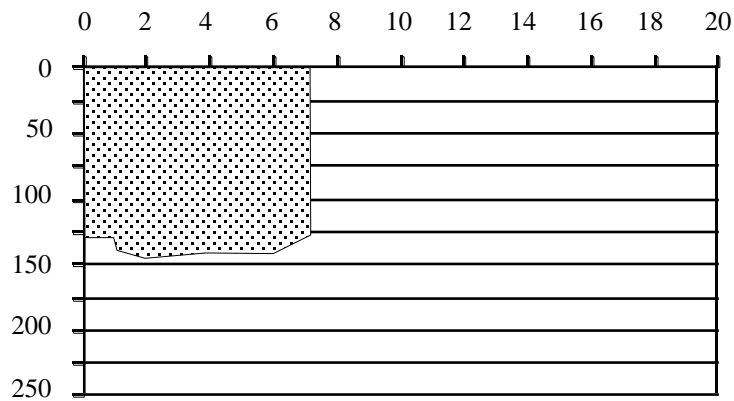
Major 2007. 4

Conca	Torrent de's Coll
Topònim:	La Solidez
U.T.M.....	475715/4402592
Data:	abril 2007
Pendent:	0.011 m/m
Velocitat crítica:	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	cm
Secció total:	11.34 m ²
Cabal Costa:	m ³ /s
Cabal Riggs:	23.40 m ³ /s
Cabal final estimat:	23.40 m ³ /s

Descripció:

Tram recte dins de la vila de Sóller. Un llit amb moltes pedres envoltat de pedra en sec amb vegetació ajeguda per l'aigua. Senyes clares que mostren una major aportació d'aigua en relació als fets del desembre de 2006. Coincideix amb el punt de mesura 2 de l'anàlisi de la revinguda del 2006.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

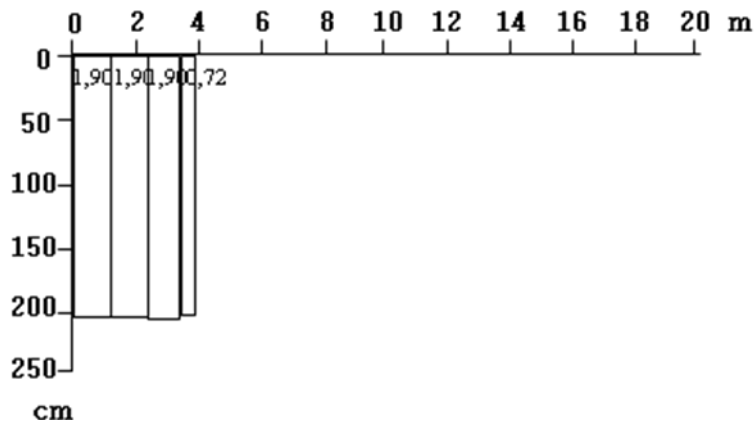
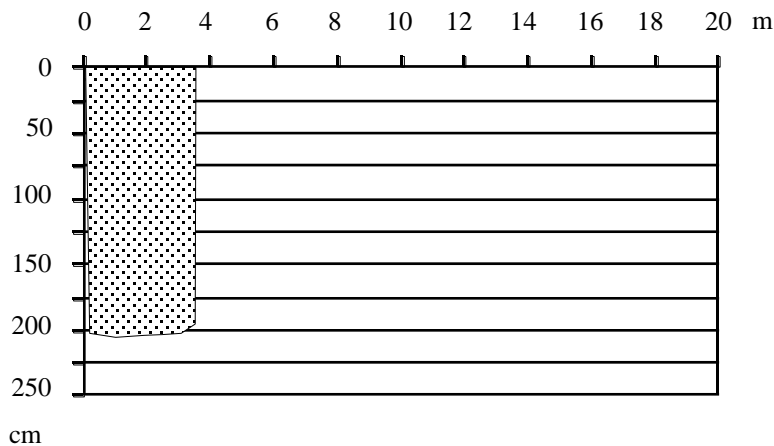
Major 2007. 5

Conca	Torrent des Jaiot
Topònim: .....	.....
U.T.M.....	474514/4403426
Data:	abril 2007
Pendent:	0.005 m/m
Velocitat crítica:	m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....	cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....	cm
Secció total:	6.42 m ²
Cabal Costa.:	m ³ /s
Cabal Riggs.:	8.24 m ³ /s
Cabal final estimat:	8.24 m ³ /s

Descripció:

Torrent mesurat al tram anterior a la confluència amb el Major. Caixer encimentat amb murs de pedra en sec, reconstruït arran de la torrentada de 1994. El nivell de l'aigua quedà a pocs centímetres de vessar fora del llit.

Secció ocupada per l'aigua



Fitxa d'aforament

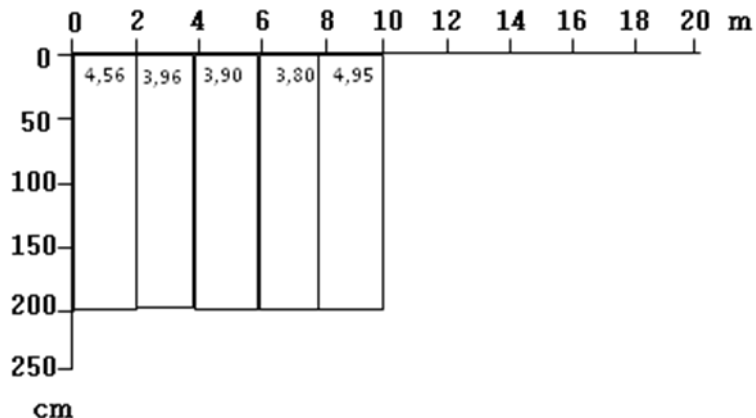
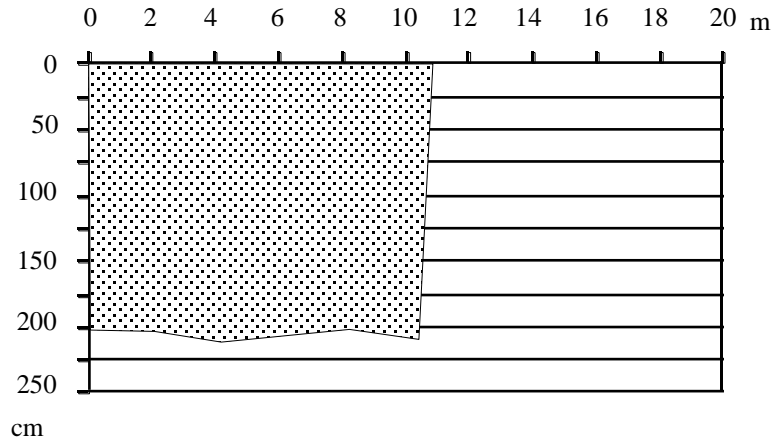
Major 2007. 6

Conca	Torrent Major	
Topònim:	Pont de Ca n'Aí	
U.T.M.....	474485/4403600	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.005	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	21.17	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	43.31	m ³ /s
Cabal final estimat:	43.31	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini on conflueixen el torrent de Ca n'Aí i el torrent des Jaiot. La presència de restes de la torrentada de 2006 dificulta la trobada de senyes però es pot mesurar adequadament la secció. El sòl empedrat no mostra restes de sediments. El punt de mesura coincideix amb el número 6 dels aforats a la inundació de 2006.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

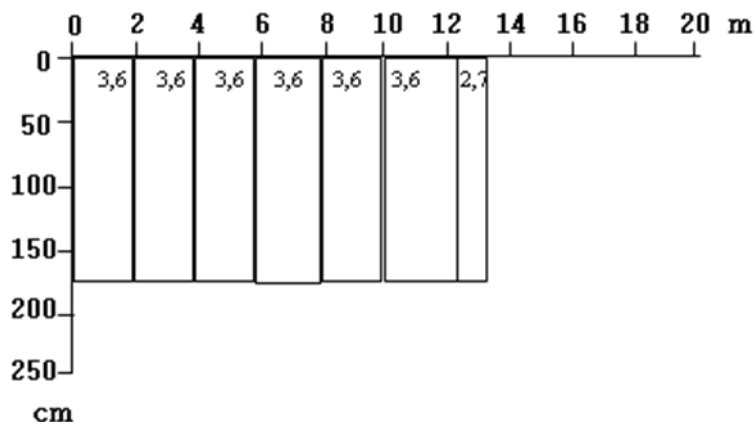
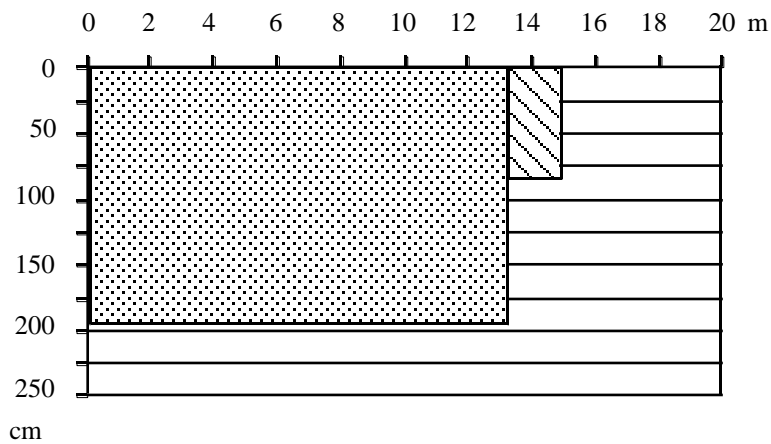
Major 2007. 7

Conca	Torrent Major	
Topònim:	Pont de ca'n Repic	
U.T.M.....	473967/4404115	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.005	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	24.30	m ²
Cabal Costa.:		m ³ /s
Cabal Riggs.:	52.46	m ³ /s
Cabal final estimat:	52.46	m ³ /s

Descripció:

Tram rectilini amb el llit encimentat i tancat per murs de formigó d'1,80 metres. L'aigua bota la paret cap al Nord-Est encara que sense que s'escampi més enllà d'un camp proper. No hi ha vegetació ni restes de sediments. Coincideix amb el punt de mesura 7 de la inundació de desembre de 2006.

Secció ocupada per l'aigua



Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa d'aforament

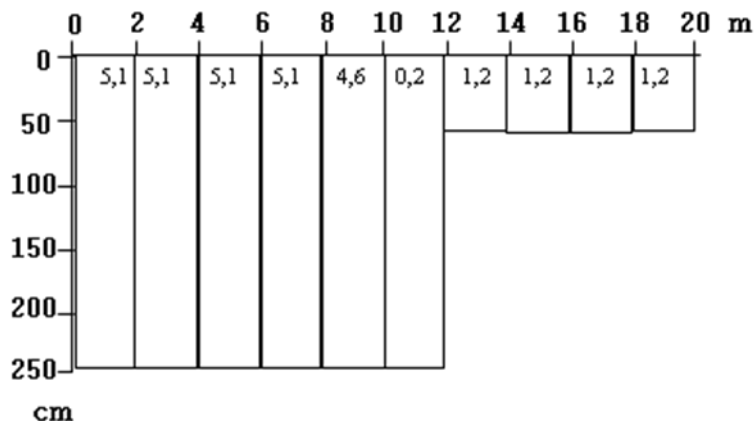
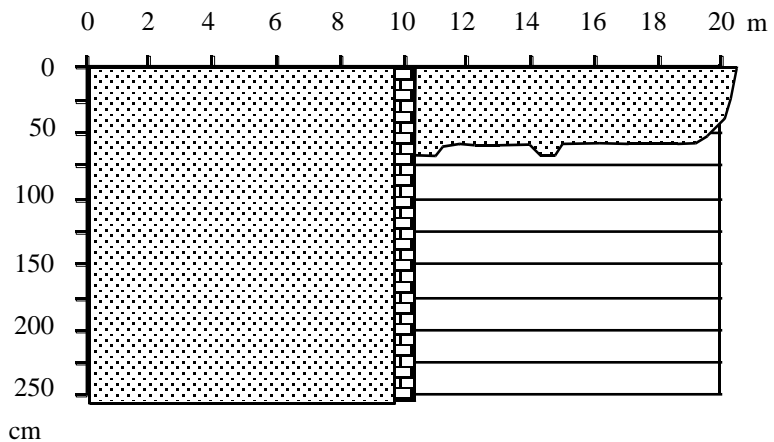
Major 2007. 8

Conca	Torrent Major	
Topònim:	Sa Cimentera	
U.T.M.	475721/4402590	
Data:	abril 2007	
Pendent:	0.004	m/m
Velocitat crítica:		m/s
Diàmetre mitjà còdols arrossegats.....		cm
Diàmetre màxim còdols arrossegats.....		cm
Secció total:	30.22	m ²
Cabal Costa:		m ³ /s
Cabal Riggs:	66.14	m ³ /s
Cabal final estimat:	66.14	m ³ /s

Descripció:

Torrent mesurat al tram on es produeix el desbordament. El llit corre encaixat entre parets de formigó i el sòl està encimentat. A la llera oriental les aigües superen un mur de 2,50 metres i s'escampen cap a la carretera ocupant uns 12 metres de via amb una altura entorn dels 0,50 metres. No queden restes de materials arrossegats.

Secció ocupada per l'aigua



ANNEX II

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa 1. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per a l'episodi de desembre de 2004. $P_0=20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m
DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
P_d =	135 mm
P_0 =	20 mm
I_1/I_d =	12
Coef. β =	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
T_c =	4.53710524 h
K_a =	0.89152944
P'_d =	120.356474 mm
P'_0 =	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.148707284	$Q =$	49.8801	m^3/s
	$I =$	21.57253619			
	$K =$	1.321105538			

Fitxa 2. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per a l'episodi de desembre de 2004. $P_0=20,31$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	10.5 km
Pendiente =	0.058 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
P_d =	135 mm
P_0 =	20.31 mm
l_1/l_d =	12
Coef. β =	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
T_c =	3.07732811 h
K_a =	0.89152944
P'_d =	120.356474 mm
P'_0 =	60.93 mm

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$$

C =	0.144684999
I =	28.49589901
K =	1.225485561

Q =	59.4662	m ³ /s
-----	---------	-------------------

Fitxa 3. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per a l'episodi de novembre de 2005. $P_0=20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
P_d =	200 mm
P_0 =	20 mm
l_1/l_d =	12
Coef. β =	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
T_c =	4.53710524 h
K_a =	0.89152944
P'_d =	178.305887 mm
P'_0 =	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.26233367
	$I =$	31.95931287
	$K =$	1.321105538

$Q =$	130.36	m ³ /s
-------	--------	-------------------

Fitxa 4. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per a l'episodi de novembre de 2005. $P_0=20,31$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	10.5 km
Pendiente =	0.058 m/m
DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
P_d =	200 mm
P_0 =	20.31 mm
I_1/I_d =	12
Coef. β =	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
T_c =	3.07732811 h
K_a =	0.89152944
P'_d =	178.305887 mm
P'_0 =	60.93 mm

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$$

$C =$	0.257520582
$I =$	42.21614668
$K =$	1.225485561

$Q =$	156.803	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 5. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per a l'episodi d'abril de 2007. $P_0=20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
P_d =	177.4 mm
P_0 =	20 mm
l_1/l_d =	12
Coef. β =	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
T_c =	4.53710524 h
K_a =	0.89152944
P'_d =	158.157322 mm
P'_0 =	60 mm

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$$

$C =$	0.225553627
$I =$	28.34791051
$K =$	1.321105538

$Q =$	99.4178	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 6. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per a l'episodi d'abril de 2007. $P_0=20,31$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
P_d =	177.4 mm
P_0 =	20.31 mm
l_1/l_d =	12
Coef. β =	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
T_c =	4.53710524 h
K_a =	0.89152944
P'_d =	158.157322 mm
P'_0 =	60.93 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.220963222
	$I =$	28.34791051
	$K =$	1.321105538

$Q =$	97.3945	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Fitxa 7. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per una precipitació amb període de retorn de 25 anys. $P_0 = 20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	160 mm
$P_0 =$	20 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	4.53710524 h
$K_a =$	0.89152944
$P'_d =$	142.64471 mm
$P'_0 =$	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.195329097
	$I =$	25.56745029
	$K =$	1.321105538

$Q =$	77.6511	m³/s
-------	----------------	------------------------

Fitxa 8. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per una precipitació amb període de retorn de 25 anys. $P_0 = 20,31$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m
DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	160 mm
$P_0 =$	20.31 mm
$I_1/I_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	4.53710524 h
$K_a =$	0.89152944
$P'_d =$	142.64471 mm
$P'_0 =$	60.93 mm

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$$

$C =$	0.190945786
$I =$	25.56745029
$K =$	1.321105538

$Q =$	75.9086	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 9. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per una precipitació amb període de retorn de 50 anys. $P_0 = 20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m
DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
P_d =	179.4 mm
P_0 =	20 mm
l_1/l_d =	12
Coef. β =	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
T_c =	4.53710524 h
K_a =	0.89152944
P'_d =	159.940381 mm
P'_0 =	60 mm

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$$

$C =$	0.228918218
$I =$	28.66750364
$K =$	1.321105538

$Q =$	102.038	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 10. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per una precipitació amb període de retorn de 50 anys. $P_0 = 20,31$

DATOS MORFOLÓGICOS

Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS

$P_d =$	179.4 mm
$P_0 =$	20.31 mm
$I_1/I_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS

$T_c =$	4.53710524 h
$K_a =$	0.89152944
$P'_d =$	159.940381 mm
$P'_0 =$	60.93 mm

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$$

$C =$	0.224306094
$I =$	28.66750364
$K =$	1.321105538

$Q =$	99.9826	m^3/s
-------	----------------	---------

Fitxa 11. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per una precipitació amb període de retorn de 100 anys. $P_0 = 20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	198.6 mm
$P_0 =$	20 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	4.53710524 h
$K_a =$	0.89152944
$P'_d =$	177.057746 mm
$P'_0 =$	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.260132154
	$I =$	31.73559768
	$K =$	1.321105538

$Q =$	128.361	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 12. Càlcul del cabal esperable al torrent de Sant Jordi per una precipitació amb període de retorn de 100 anys. $P_0 = 20,31$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	42.37 km ²
Longitud =	17.5 km
Pendiente =	0.058 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	198.6 mm
$P_0 =$	20.31 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	4.53710524 h
$K_a =$	0.89152944
$P'_d =$	177.057746 mm
$P'_0 =$	60.93 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.255331475
	$I =$	31.73559768
	$K =$	1.321105538

$Q =$	125.992	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 13. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per a l'episodi de desembre de 2006. $P_0 = 20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10.6 km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	121 mm
$P_0 =$	20 mm
$I_1/I_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	2.74466347 h
$K_a =$	0.88714354
$P'_d =$	107.344368 mm
$P'_0 =$	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.119591204
	$I =$	27.53134907
	$K =$	1.20149378

$Q =$	54.1742	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 14. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per a l'episodi de desembre de 2006. $P_0 = 22,90$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10.6 km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
P_d =	121 mm
P_0 =	22.9 mm
l_1/l_d =	12
Coef. β =	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
T_c =	2.74466347 h
K_a =	0.88714354
P'_d =	107.344368 mm
P'_0 =	68.7 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.087548645
	$I =$	27.53134907
	$K =$	1.20149378

$Q =$	39.6591	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 15. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per a l'episodi d'abril de 2007. $P_0 = 20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10.6 km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	175 mm
$P_0 =$	20 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	2.74466347 h
$K_a =$	0.88714354
$P'_d =$	155.250119 mm
$P'_0 =$	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.220020388
	$I =$	39.81806684
	$K =$	1.20149378

$Q =$	144.148	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 16. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per a l'episodi d'abril de 2007. $P_0 = 22,90$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10-ene km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	175 mm
$P_0 =$	22.9 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	2.74466347 h
$K_a =$	0.88714354
$P'_d =$	155.250119 mm
$P'_0 =$	68.7 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.180994587
	$I =$	39.81806684
	$K =$	1.20149378

$Q =$	118.58	m^3/s
-------	---------------	---------

Fitxa 17. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per una precipitació amb període de retorn de 25 anys. $P_0 = 20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10.6 km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	227.6 mm
$P_0 =$	20 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	2.74466347 h
$K_a =$	0.88714354
$P'_d =$	201.913869 mm
$P'_0 =$	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.302189894
	$I =$	51.78624007
	$K =$	1.20149378

$Q =$	257.49	m ³ /s
-------	--------	-------------------

Fitxa 18. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per una precipitació amb període de retorn de 25 anys. $P_0 = 22,90$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10-ene km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	227.6 mm
$P_0 =$	22.9 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	2.74466347 h
$K_a =$	0.88714354
$P'_d =$	201.913869 mm
$P'_0 =$	68.7 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.258868775
	$I =$	51.78624007
	$K =$	1.20149378

$Q =$	220.577	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 19. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per una precipitació amb període de retorn de 50 anys. $P_0 = 20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10.6 km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	262.2 mm
$P_0 =$	20 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	2.74466347 h
$K_a =$	0.88714354
$P'_d =$	232.609036 mm
$P'_0 =$	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.349357489
	$I =$	59.65884071
	$K =$	1.20149378

$Q =$	342.934	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 20. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per una precipitació amb període de retorn de 50 anys. $P_0 = 22,90$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10.6 km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	262.2 mm
$P_0 =$	20 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	2.74466347 h
$K_a =$	0.88714354
$P'_d =$	232.609036 mm
$P'_0 =$	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.304190371
	$I =$	59.65884071
	$K =$	1.20149378

$Q =$	298.598	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 21. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per una precipitació amb període de retorn de 100 anys. $P_0 = 20$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10.6 km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	262.2 mm
$P_0 =$	20 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	2.74466347 h
$K_a =$	0.88714354
$P'_d =$	232.609036 mm
$P'_0 =$	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.391665708
	$I =$	67.48593499
	$K =$	1.20149378

$Q =$	434.905	m ³ /s
-------	---------	-------------------

Fitxa 22. Càlcul del cabal esperable al torrent Major per una precipitació amb període de retorn de 100 anys. $P_0 = 22,90$

DATOS MORFOLÓGICOS	
Área =	49.3 km ²
Longitud =	10.6 km
Pendiente =	0.11 m/m

DATOS HIDROGEOLÓGICOS	
$P_d =$	262.2 mm
$P_0 =$	20 mm
$l_1/l_d =$	12
Coef. $\beta =$	3

COEFICIENTES Y VARIABLES CORREGIDAS	
$T_c =$	2.74466347 h
$K_a =$	0.88714354
$P'_d =$	232.609036 mm
$P'_0 =$	60 mm

$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$	$C =$	0.345250361
	$I =$	67.48593499
	$K =$	1.20149378

$Q =$	383.366	m³/s
-------	----------------	------------------------

ANNEX III

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

Precipitacions superiors a 100 mm/24 al vessant de Sóller en el període 1950-2000.

Data	Estació	Pluja (mm)
6 març 1951	Far Sa Creu	108,0
21 novembre 1951	Sóller	200,0
23 novembre 1952	Sóller	118,0
7 abril 1954	Far Sa Creu	100,2
14 març 1955	Sóller	127,1
24 setembre 1955	Far Sa Creu	101,2
22 juliol 1956	Far Sa Creu	105,0
7 octubre 1957	Sóller	150,0
8 octubre 1957	Far Sa Creu	133,5
24 novembre 1957	Monnàber	112,8
17 desembre 1957	Monnàber	121,0
7 octubre 1958	Far sa Creu	204,0
8 octubre 1958	Bàltx d'Amunt	243,0
9 octubre 1958	Bàltx d'Avall	132,6
17 novembre 1958	Monnàber	189,4
22 novembre 1958	Bàltx d'Amunt	157,3
28 novembre 1958	Monnàber	132,8
7 juny 1959	Bàltx d'Avall	197,0
8 juny 1959	Bàltx d'Amunt	210,5
20 octubre 1959	Bàltx d'Avall	127,4
21 octubre 1959	Sóller	329,0
22 octubre 1959	Monnàber	369,8
17 novembre 1959	Can Bartola	104,4
8 desembre 1960	Monnàber	185,0
9 desembre 1960	Can Bartola	112,3
9 febrer 1962	Monnàber	195,0
21 abril 1962	Monnàber	121,0
25 setembre 1962	Can Bartola	110,4
22 octubre 1964	Monnàber	103,2
12 gener 1965	Monnàber	153,5
14 maig 1966	Monnàber	126,3
15 maig 1966	Monnàber	106,7
30 novembre 1967	Bàltx d'Avall	211,1
1 abril 1968	Monnàber	137,3
29 abril 1969	Monnàber	104,0
13 març 1970	Monnàber	137,0
14 desembre 1970	Monnàber	105,0
1 maig 1971	Binibassí	104,0
25 setembre 1971	Binibassí	148,0
26 setembre 1971	Monnàber	167,0
10 novembre 1971	Monnàber	153,0
22 gener 1972	Monnàber	102,0
31 desembre 1972	Binibassí	197,0
1 octubre 1973	Binibassí	200,5
2 octubre 1973	Bàltx d'Avall	260,0
17 febrer 1974	Sóller	105,0
19 febrer 1974	Can Bartola	109,8
29 març 1974	Binibassí	194,7
30 març 1974	Binibassí	154,5
11 març 1975	Monnàber	113,0
6 febrer 1976	Monnàber	100,5
24 agost 1976	Sóller	138,0

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

14 gener 1978	Can Bartola	182,3
18 octubre 1978	Binibassí	215,0
19 octubre 1978	Monnàber	140,0
21 desembre 1978	Binibassí	212,4
1 març 1979	Binirrossí	263,0
21 desembre 1979	Binirrossí	304,0
22 desembre 1979	Bàltx d'Avall	280,3
17 gener 1980	Monnàber	167,0
27 desembre 1980	Binirrossí	215,0
28 desembre 1980	Sóller	131,8
21 abril 1981	Monnàber	126,0
28 novembre 1982	Can Roc	127,2
30 novembre 1982	Monnàber	152,0
11 novembre 1984	Monnàber	109,0
15 novembre 1985	Binibassí	100,7
16 novembre 1985	Monnàber	110,0
9 desembre 1985	Bàltx d'Avall	181,2
12 juliol 1986	Binibassí	110,0
28 setembre 1986	Biniaraix	107,0
29 setembre 1986	Bàltx d'Avall	212,4
16 novembre 1986	Binirrossí	106,5
10 desembre 1986	Binirrossí	120,0
10 gener 1987	Binirrossí	114,0
12 febrer 1987	Bàltx d'Avall	126,1
27 abril 1988	Es Marroig	106,9
25 gener 1991	Binibassí	168,9
2 maig 1991	Binibassí	111,5
23 setembre 1993	Sóller	101,4
17 octubre 1994	Es Marroig	103,0
14 octubre 1996	Binibassí	128,1

Precipitacions superiors a 100 mm/24 hores al vessant de Pollença en el període 1950-2000.

Data	Estació	Pluja (mm)
1 gener 1950	Can Serra	145,0
8 agost 1950	Pollença	100,0
25 agost 1950	Can Serra	132,2
26 agost 1950	Pollença	125,0
24 octubre 1950	Pollença	101,0
29 octubre 1950	Pollença	127,0
12 abril 1951	Pollença	100,0
23 octubre 1951	Pollença	103,0
21 novembre 1951	Can Serra	108,0
7 novembre 1952	Pollença	131,6
8 abril 1954	Pollença	124,0
14 març 1955	Can Serra	222,3
3 octubre 1957	Can Serra	129,0
7 octubre 1957	Can Serra	124,4
6 octubre 1958	Can Serra	220,4
7 octubre 1958	Mortitx	214,0
8 octubre 1958	Mortitx	234,5
17 novembre 1958	Can Serra	102,6
27 novembre 1958	Mortitx	102,0

Precipitacions i puntes d'avinguda a conques torrencials de Mallorca

8 juny 1959	Mortitx	228,0
1 octubre 1959	Formentor	108,0
21 octubre 1959	Can Serra	126,4
7 juny 1960	Mortitx	120,0
8 desembre 1960	Can Serra	200,0
9 desembre 1960	Pollença	105,0
12 maig 1962	Pollença	103,0
19 setembre 1962	Port de Pollença	159,5
11 gener 1965	Mortitx	170,0
13 març 1970	Mortitx	100,6
13 desembre 1970	Mortitxet	103,2
24 setembre 1971	Formentor	111,0
9 octubre 1971	Mortitx	113,0
9 novembre 1971	Mortitxet	126,5
14 setembre 1972	Pollença	115,0
1 octubre 1973	Mortitx	283,0
17 febrer 1974	Can Cap de Bou	118,0
18 febrer 1974	Pollença	142,0
3 novembre 1975	Mortitx	112,0
4 novembre 1975	Pollença	137,5
8 novembre 1975	Pollença	110,5
5 febrer 1976	Mortitx	131,0
6 febrer 1976	Mortitxet	118,0
27 novembre 1977	Pollença	100,5
28 novembre 1977	Formentor	117,0
14 gener 1978	Pollença	125,0
18 octubre 1978	Mortitxet	100,5
19 octubre 1978	Mortitx	103,0
1 juliol 1979	Pollença	155,0
14 gener 1980	Mortitx	105,0
21 abril 1981	Mortitx	125,0
26 març 1982	Formentor	123,2
23 agost 1983	Mortitxet	102,5
28 setembre 1984	Ternelles	105,0
15 novembre 1985	Mortitx	112,0
29 desembre 1985	Ternelles	136,0
29 setembre 1986	Ternelles	160,0
31 agost 1989	Ternelles	131,5
8 octubre 1990	Mortitxet	210,5
9 octubre 1990	Mortitxet	112,7
22 gener 1992	Ternelles	117,0
13 octubre 1992	Mortitx	124,0
23 setembre 1993	Mortitx	130,5
17 octubre 1994	Ternelles	102,5
18 octubre 1994	Mortitx	110,0
26 abril 1996	Ternelles	110,5
30 agost 1996	Mortitx	103,0
14 octubre 1996	Can Serra	131,0
2 setembre 1997	Mortitx	147,0
18 novembre 1998	Can Serra	150,5