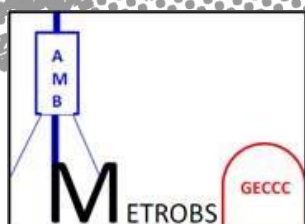


METROBS 2015

# EVOLUCIÓ DE LES INUNDACIONS A L'ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA DES D'UNA PERSPECTIVA HOLÍSTICA: PASSAT, PRESENT I FUTUR

Novembre 2015



 **AMB** : Àrea Metropolitana  
de Barcelona

**Treball encarregat per:**

Direcció de Serveis Ambientals de l'AMB

**Assistència tècnica:**

Grup GAMA. Departament d'Astronomia i Meteorologia – Universitat de Barcelona

(M. C. Llasat, M. Cortès, Ll. Falcón, J. Gilabert, M. Llasat-Botija, R. Marcos, J.P. Martín Vide, M. Turco)

INTRODUCCIÓ .....	3
1. POSADA A PUNT DE LA INFORMACIÓ NECESSÀRIA .....	4
<b>1.1. Informació sistemàtica sobre les inundacions que han afectat cada municipi..</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Dades hidrometeorològiques .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Informació sobre evolució del territori i planificació/ocupació urbanística .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4. Sortides escenaris climàtics .....</b>	<b>13</b>
<b>1.5. Punts a tractar d'especial interès per l'AMB .....</b>	<b>13</b>
2. APROXIMACIÓ "BOTTOM-UP": CRITERIS DE VULNERABILITAT I IMPACTE DE LES INUNDACIONS .....	17
<b>2.1. Proposta d'indicadors d'impacte socioeconòmic.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2. Representació geoespacial de totes les variables.....</b>	<b>19</b>
2.2.1. Usos del sòl .....	19
2.2.2. Episodis d'inundació que han afectat l'AMB i distribució espacial .....	25
2.2.3. Nombre episodis d'inundacions i categoria AMB per municipis entre 1981 i 2010 .....	27
2.2.4. Quanties pagades pel CCS a l'AMB per municipis 1996-2014 .....	29
<b>2.3. Anàlisi de les sèries històriques d'inundacions i del seu impacte .....</b>	<b>29</b>
2.3.1. Evolució anual episodis d'inundació.....	31
2.3.2. Distribució mensual .....	33
2.3.3. Indemnitzacions per inundacions pagades pel Consorci de Compensación de Seguros (CCS).....	38
2.3.4. Nombre municipis afectats i àrea afectada.....	40
2.3.5. Víctimes mortals .....	42
2.3.6. Nombre de notícies de premsa .....	42
<b>2.4. Anàlisi de l'evolució urbanística .....</b>	<b>45</b>
2.4.1. Mapa de densitat de població:.....	45
3. APROXIMACIÓ "TOP-DOWN": EVOLUCIÓ PRECIPITACIÓ.....	46
<b>3.1. Anàlisi de l'evolució de la precipitació "extrema" i de la intensitat de precipitació .....</b>	<b>46</b>
3.1.1. La pluja convectiva: El paràmetre $\beta$ .....	46
3.1.2. Climatologia de la precipitació. Períodes de retorn .....	47
3.1.3. Extremes de precipitació .....	51
<b>3.2. Anàlisi de la precipitació associada a episodis d'inundació o aiguats amb impactes importants.....</b>	<b>58</b>
3.2.1. Cabals.....	58

<b>3.3. Escenaris futurs.....</b>	<b>61</b>
4. INTEGRACIÓ DE LES APROXIMACIONS “BOTTOM-UP” I “TOP-DOWN” .....	66
<b>4.1. Integració holística de les diferents variables.....</b>	<b>66</b>
4.1.1. Relació entre precipitació convectiva i categoria.....	66
4.1.2. Anàlisi de l’escorrentia .....	67
4.1.1 Índex IMRD .....	67
<b>4.2. Punts d’especial interès: El Prat de Llobregat, Viladecans i Santa Coloma de Gramenet .....</b>	<b>72</b>
<b>4.3. Anàlisi d’episodis catastròfics a l’AMB .....</b>	<b>79</b>
5. EINES DE DIVULGACIÓ I SENSIBILITZACIÓ DE LA POBLACIÓ ENFRONT EL RISC D’INUNDACIONS .....	80
<b>5.1. Preparació de material gràfic de suport .....</b>	<b>80</b>
<b>5.2. Eines per la participació ciutadana .....</b>	<b>80</b>
<b>5.3. Utilització de la plataforma La Rambla i les eines desenvolupadores en el projecte FLOOD-UP.....</b>	<b>80</b>
CONCLUSIONS .....	81
REFERÈNCIES.....	106

## INTRODUCCIÓ

### OBJECTIUS VINCULATS:

1. Creació d'una base de dades d'inundacions produïdes a l'AMB, per un període de 100 anys pels casos catastròfics i un període mínim de 30 anys atenent a tots els casos d'inundació (s'entenen aquí inundacions per desbordament i inundacions urbanes per dificultats de drenatge).
2. Estimació de l'evolució de la perillositat a partir de la recopilació i anàlisi de les sèries hidrometeorològiques.
3. Estimació de l'evolució urbanística, població i mesures de mitigació i com això ha pogut influir en l'evolució del risc d'inundació.
4. Proposta d'indicadors que tinguin present la magnitud de les inundacions, els impactes, i els canvis en la vulnerabilitat i perillositat, incloses mesures estructurals i no estructurals.
5. Identificació dels llindars de perillositat en relació als impactes en l'AMB.
6. Obtenció dels escenaris regionals de precipitacions intenses en l'AMB atenent als llindars identificats. Es tindrà present, prioritàriament, el downscaling realitzat pel Servei Meteorològic de Catalunya referit a l'AMB.
7. Aplicació dels resultats a la millora de les estratègies d'adaptació, mitigació i resiliència en consonància amb els objectius del PSAMB

## 1. POSADA A PUNT DE LA INFORMACIÓ NECESSÀRIA

### 1.1. Informació sistemàtica sobre les inundacions que han afectat cada municipi

S'ha recopilat de manera sistemàtica, informació sobre les inundacions que han afectat a cada municipi de l'AMB. S'ha partit de la base de dades INUNGAMA elaborada pel grup GAMA i que conté les inundacions que s'han produït a Catalunya des de 1900. A partir d'ella s'han identificat els episodis que han afectat a municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i s'ha extret tota la informació associada com seria la categoria de l'episodi, nombre de víctimes i altres informacions d'impactes. Per tal d'ampliar aquesta informació a nivell municipal s'han consultat fonts d'informació com la premsa, informes oficials, documents científics i dades de companyies d'assegurances, entre altres. Aquesta informació ha permès fer una avaluació més acurada dels impactes. Algunes de les fonts utilitzades han estat:

- *INUNGAMA*: 375 episodis d'inundació a Catalunya, 1900-2010 (Barnolas and Llasat, 2007; Llasat et al., 2013).
- *PRESSGAMA*: més de 15.000 notícies sobre riscos naturals i canvi climàtic publicades entre 1981 i 2010 en La Vanguardia (Llasat et al., 2009).
- *HISTOGAMA*: sèrie d'inundacions històrica, 1500-2012 (Barrera-Escoda and Llasat, 2015).
- *CCS*: Indemnitzacions Consorci de Compensació de Seguros a nivell municipal, 1996-2014.
- *ALTRES FONTS* (informes, hemeroteques,...).

Les inundacions es poden classificar, a partir dels impactes, en ordinàries, extraordinàries i catastròfiques. Aquest tipus de classificació permet fer estudis d'inundacions en períodes de temps ampli. Els criteris són els següents:

- Ordinàries o 0: Afectació del ritme de vida quotidiana, danys en infraestructures menors situades en el riu, inundació passos baixos, entrada aigua als soterranis. (Figura 1)



Figura 1. Vies del metro de Barcelona inundades (11/10/2005). Font: La Vanguardia

- Extraordinàries o 1: Desbordament riu o riera, baixa aigua pels carrers, talls en subministraments i vies de comunicació, danys subjectes de compensació per les assegurances, inundacions soterranis. (Figura 2)



Figura 2. Inundacions a la Ronda Litoral (22/10/2009). Font: La Vanguardia

- Catastròfiques o 2: Desbordament riu o riera, inundació carrers i pisos baixos, destrucció total o parcial de ponts, edificis o altres infraestructures, pèrdues de collites o ramats, talls de serveis bàsics importants, danys “consoficiables” (Figura 3).



Figura 3. Inundacions d'octubre de 1987 a Barcelona (28/9/1987-5/10/1987). Font: La Vanguardia

La categoria a nivell d'episodi general correspon a la màxima categoria que s'ha establert als municipis afectats. Un episodi que afectés a 10 municipis de Catalunya serà considerat com catastròfic si els impactes, en almenys un dels municipis, van ser de caire catastròfic. S'ha identificat la categoria de cada un dels episodis a nivell de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.



Per tal de poder analitzar l'evolució de les inundacions a l'AMB sense la influència de Barcelona s'han separat en dos sèries, una per Barcelona i una altra per totes les inundacions d'AMB sense Barcelona. La categoria dels episodis en el cas de les inundacions sense Barcelona és la màxima. És a dir un episodi que, per exemple, va ser extraordinari a Barcelona i ordinari al Prat del Llobregat consta en la sèrie de Barcelona com a extraordinari i en la sèrie de AMB sense Barcelona com a ordinari. De la mateixa manera si un episodi no va afectar Barcelona no apareixerà a la sèrie Barcelona i si un episodi únicament va afectar Barcelona no apareixerà a la sèrie de 'AMB sense Barcelona'.

## 1.2. Dades hidrometeorològiques

### a) Precipitació

Es disposa de 2 estacions meteorològiques amb sèries llargues de resolució diària i mensual (Observatori Fabra), són:

- **Aeroport del Prat.**
- **Observatori Fabra.**
- Barcelona (sèrie reconstruïda a partir de diferents observatoris de la ciutat pertanyents al AEMET i SMC)

Dins la taula també s'inclou l'**estació del Jardí**, situada a l'Observatori Fabra, una sèrie de resolució minutal per poder estudiar analitzar les intensitats (Taula 1).

Finalment es disposa de la **BD Spain 02** (Herrera et al, 2012), el píxel de Barcelona. Aquestes són dades interpolades mitjançant estacions de l'AEMET.

Spain 02 proporciona dades diàries de precipitació i temperatura sobre un grid regular de 0.2º (aprox. 20km) que cobreix la regió d'Espanya peninsular i l'arxipèlag Balear. La distribució pública d'aquesta base de dades a través del servidor de dades climàtiques de AEMET ha donat lloc a un procés de validació continu, dut a terme per usuaris d'àmbits molt diversos. Aquesta validació ha permès la detecció d'errors i/o limitacions que han tractat de resoldre's en les diferents actualitzacions d'Spain02, incloent l'extensió de la seva cobertura temporal fins a l'any 2011.

Sèrie	Data I	Data F	Tipus	UTMX	UTMY	Font
Barcelona	1855	2010	Diària	426.879	4.585.783	Reconstrucció (metadata)
Aeroport Prat	1940	2010	Diària	423.138	4.577.164	AEMET
Fabra	1914	2010	Diària	426.879	4.585.783	Observatori Fabra
Jardí- Fabra	1927	1992	Minutal	426.879	4.585.783	Observatori Fabra
Barcelona	1786	2014	Mensual	426.879	4.585.783	Reconstrucció (metadata)
Fabra	1913	2011	Mensual	426.879	4.585.783	Observatori Fabra
BBDD Spain 02	1950	2007	Diària	431.300	4.581.740	Spain 02 (interpolacions)

Taula 1. Sèries de precipitació llargues.

A continuació adjuntem les series de precipitació 5-minutal del SAIH (Taula 2), en la següent taula veiem quines estacions hi ha dins l'AMB i per quines d'elles en disposem dades:

Mín. dia	Màx. dia	Codi Six	Codi SAIH	Estació	Variable	Data I	Data F	Resolució
1996/01/05	2011/10/16	L08158-72-00001	195	Aforament - el Papiol (riera de Rubí i canals de derivació Rubí i Anoià)	195P01PP	05/01/1996	18/10/2011	5min
1996/01/05	2011/10/16	L08217-72-00001	198	Aforament - Sant Joan Despí	198P01PP	05/01/1996	12/03/2012	5min
1996/01/05	2011/10/16	L08263-72-00002	196	Aforament - Sant Vicenç dels Horts (Canal de la Dreta)	196P01PP	05/01/1996	13/03/2012	5min
1996/01/01	2006/04/25	L08114-72-00003	191	Aforament - Martorell (Llobregat)	191P01PP	no	no	5min
1996/01/05	2008/09/28	L08245-72-00002	145	Aforament - Santa Coloma de Gramenet	145P01PP	no	no	5min
1996/01/05	2009/06/14	L08019-72-00004	148	Pluvio - Barcelona (Delegació ACA)	148P01PP	no	no	5min
1996/01/05	2007/02/18	L08068-72-00001	197	Pluvio - Cervelló	197P01PP	no	no	5min
1996/01/05	2007/09/24	L08205-72-00001	144	Pluvio - Sant Cugat del Vallès	144P01PP	no	no	5min

Taula 2. Estacions SAIH de precipitació a l'AMB, les que tenen la data són les que es disposen.

Es disposa de la precipitació pels episodis individuals d'inundacions tant per catastròfiques i extraordinàries (des de 1990 fins al 2011) a partir de les estacions del SMC (Taula 3).

<b>CODI</b>	<b>EMA</b>	<b>X_UTM</b>	<b>Y_UTM</b>	<b>ALTITUD</b>
AN	Barcelona - Av. Lluís Companys	431.615	4.582.585	7,5
AN	Barcelona - Av. Lluís Companys	431.615	4.582.585	7,5
DH	Badalona - Mas Ram	437.652	4.592.116	126,0
D5	Barcelona - Observatori Fabra	426.879	4.585.783	411,2
UF	Begues - PN del Garraf	408.635	4.571.543	573,0
UG	Viladecans	419.544	4.572.631	3,0
VT	Cerdanyola del Vallès	427.250	4.593.061	84,0
WU	Badalona - Museu	437.248	4.589.429	42,0
XC	Castellbisbal	414.555	4.592.635	147,0
XL	el Prat de Llobregat	423.138	4.577.164	8,0
XV	Sant Cugat del Vallès - CAR	423.251	4.593.002	158,0
X2	Barcelona - Zoo	432.246	4.582.511	7,0
X4	Barcelona - el Raval	430.508	4.581.913	33,0
X8	Barcelona - Zona Universitària	425.289	4.581.443	79,0

Taula 3. Estacions EMA del Servei Meteorològic de Catalunya dins l'AMB.

### **b) Cabal**

Disposem de les següents dades de cabal:

<b>MUN</b>	<b>Conca</b>	<b>UTMX</b>	<b>UTMY</b>	<b>Data</b>	<b>Tipus</b>
Martorell	Llobregat	412236	4591513	(en dos fitxers) 01/01/1912 al 31/01/2006	Diària
Sant Joan Despí	Llobregat	420339	4578455	20/10/1969 al 30/09/1990 i del 16/01/2002 al 05/09/2013	Diària
MONTCADA	Besós	432145	4593430	Períodes aleatoris (dades històriques però períodes relativament curts)	Diària

Taula 4. Aforaments de l'ACA que disposem per l'AMB.

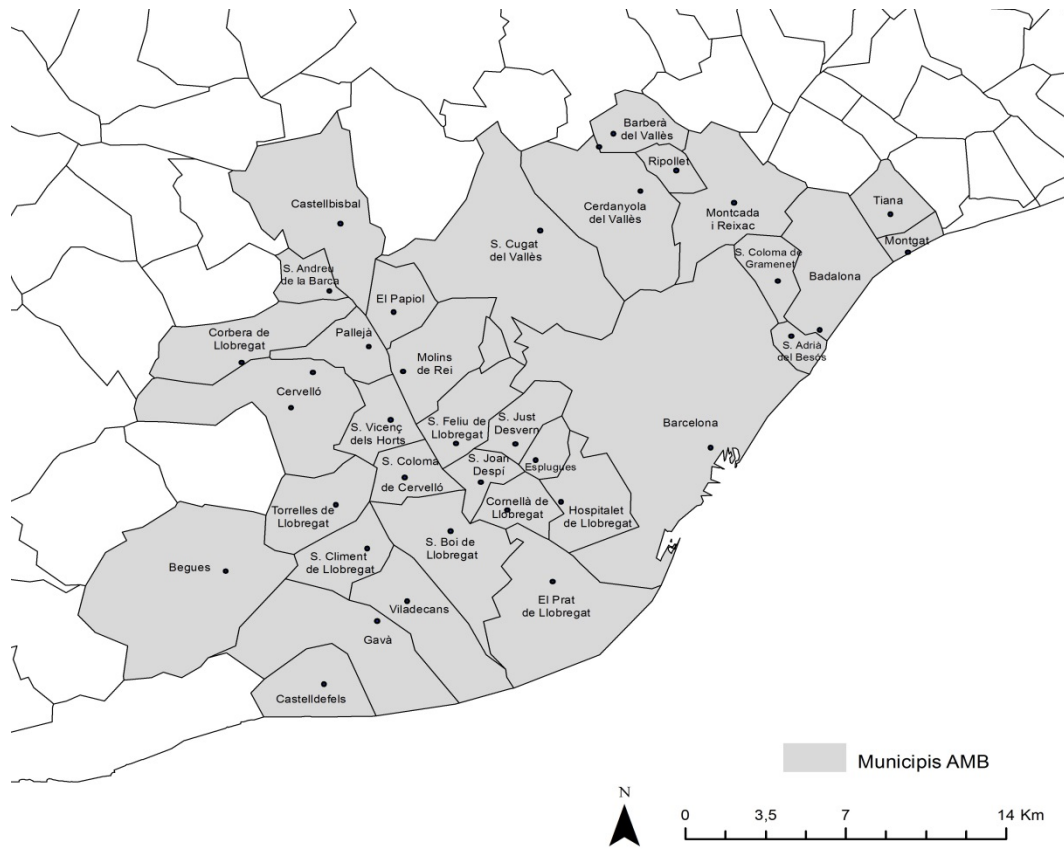


Figura 4. Mapa de l'AMB amb el nom dels municipis.

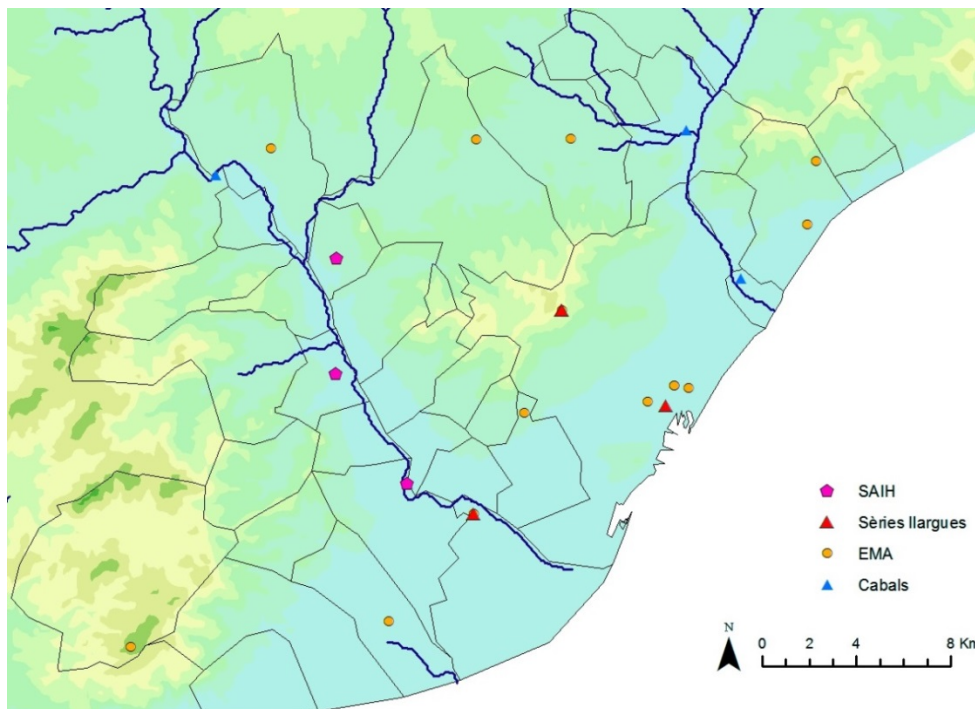


Figura 5. Mapa de l'AMB amb els dos principals rius (Llobregat i Besòs) i les diferents estacions de precipitació i aforament que se'n disposa.

### 1.3. Informació sobre evolució del territori i planificació/ocupació urbanística

c) **Dades IDESCAT:** densitat de població a nivell municipal. Disposem dels següents anys per tots els municipis de l'AMB, (<http://www.idescat.cat/>).

Densitats	1950	1960	1970	1981	1990	1992	1994	1996	1998
	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	

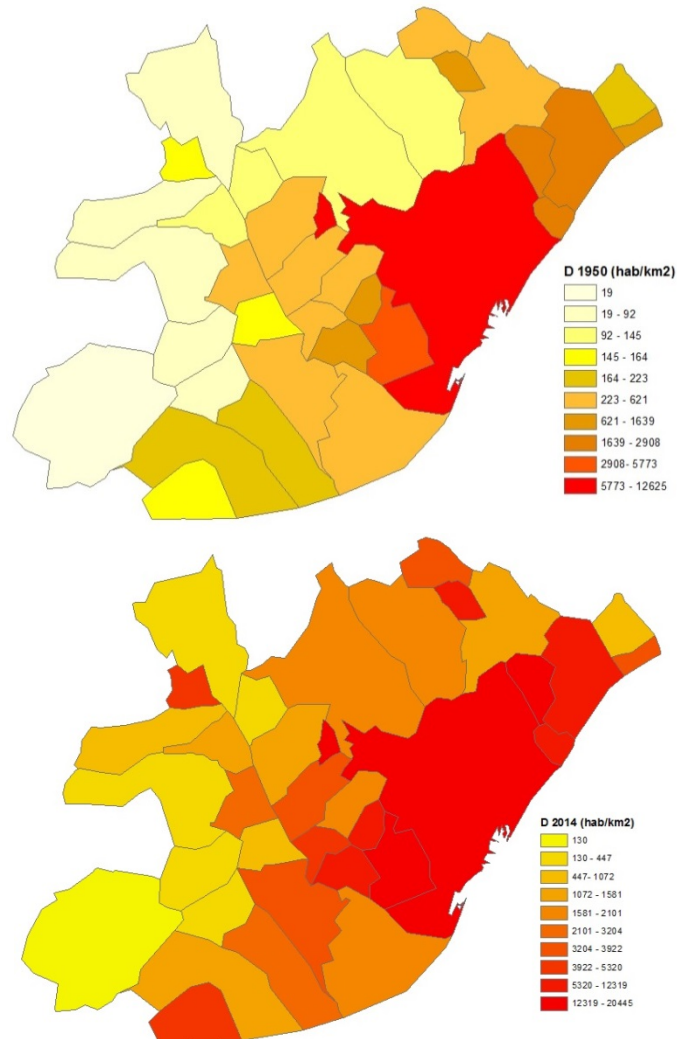


Figura 6. Mapes de densitats de població: 1950 i 2014 per l'AMB.

d) GIS

- i) *Cartografies generals*: SHAPes dels municipis de l'AMB, la base de conques, de rius i el Mapa de Cobertures de Sòls de Catalunya (MCSC), les 4 edicions del CREAM (Ibàñez, J.J, et al, 2002; Ibàñez, J.J, Burriel, J.A, 2010) i la referent al vol americà de 1956 (elaborat pel CREAM i la Diputació de Barcelona). Els formats són SHAPE (vectorial) i MMZ (Miramón) per les dues últimes edicions i la del vol americà, les dues primeres edicions només estan en format Miramon (Fig.4abc). Característiques MCSC:

Edició	Vol americà 1956	MCSC-I	MCSC-II	MCSC-III	MCSC-IV
Any	1956	1993	2000-2002	2005-2007	2009
Escala ortofotos	1:25.000	1:25.000	1:5.000	1:5.000	1:2.500
Resolució (píxel)	2.5 m	2.5 m	0.50 m	0.5 m	0.25 m
Escala de treball	1:3.000	1:3.000	1:1.500	1:1.500	1:1.000
Format	SHAPE	MMZ	MMZ	MMZ/SHAPE	MMZ/SHAPE
Categories (Llegenda al annex 1.1)	-	24	61	241	241

Taula 5. Característiques dels MCSC segons les edicions que s'han publicat. Font: CREAM (<http://www.cream.uab.es/mcsc/>)

- ii) *També disposem del Mapa Urbanístic de Catalunya elaborat al 2011 (Elaborat pel Departament de Territori i Sostenibilitat)*. La resolució és 1:5.000 i està compost per 4 categories:
- El visor mostra les línies que classifiquen en (Fig. 4f): **SUC: sòl urbà consolidat, SNC: sòl urbà no consolidat, SUD: sòl urbanitzable delimitat, SND: sòl urbanitzable no delimitat**, (Font: <http://ptop.gencat.cat/muc-visor/AppJava/home.do>).

A continuació es mostren les cartografies dels Mapes de Cobertures del Sòl de Catalunya per l'AMB pels diferents anys i del Mapa Urbanístic. Com es pot observar, la cobertura urbana ha anat augmentant i el detall de les edicions ha anat ampliant-se.

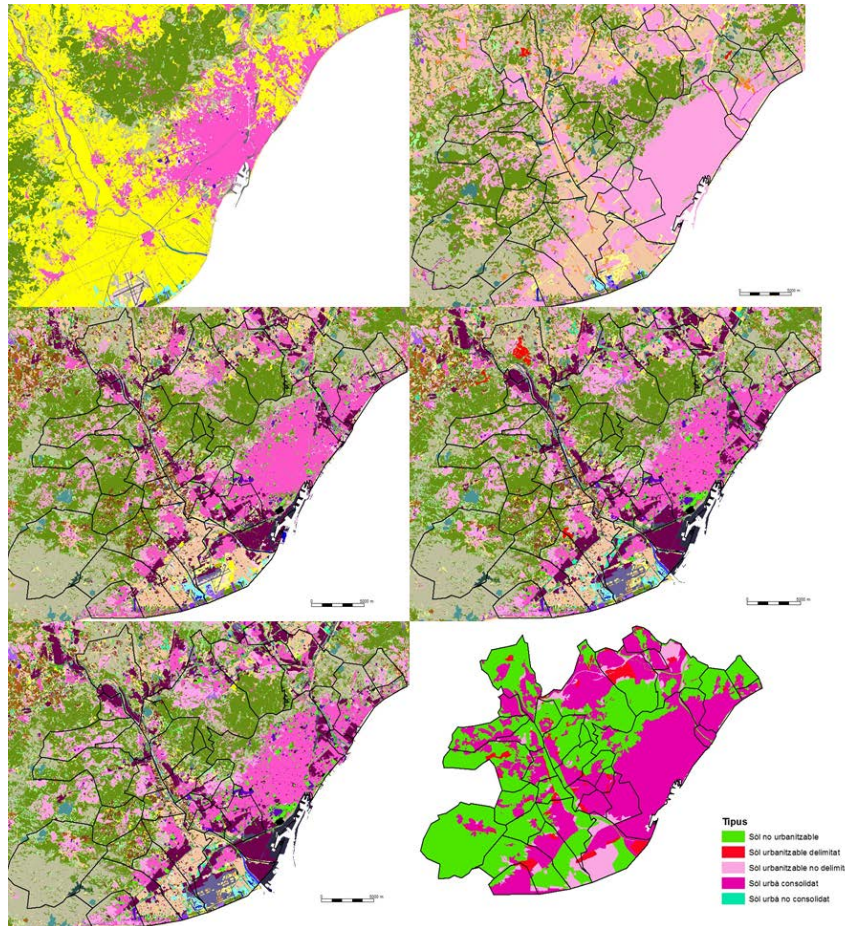


Figura 7. Mapa d'Usos de Cobertures de Sòls de Catalunya a l'AMB: Vol Americà (1956), 1a edició (1993), 2a edició (2000-2002), 3a edició (2005-2007) i 4a edició (2009) i Mapa Urbanístic (2011).

- iii) *Xarxa hidrogràfica i MDT*: Es disposa de capes vectorials (SHAPE) de l'Agència Catalana de l'Aigua dels rius principals i dels rius i rieres secundàries de Catalunya, tal i com observem a continuació:

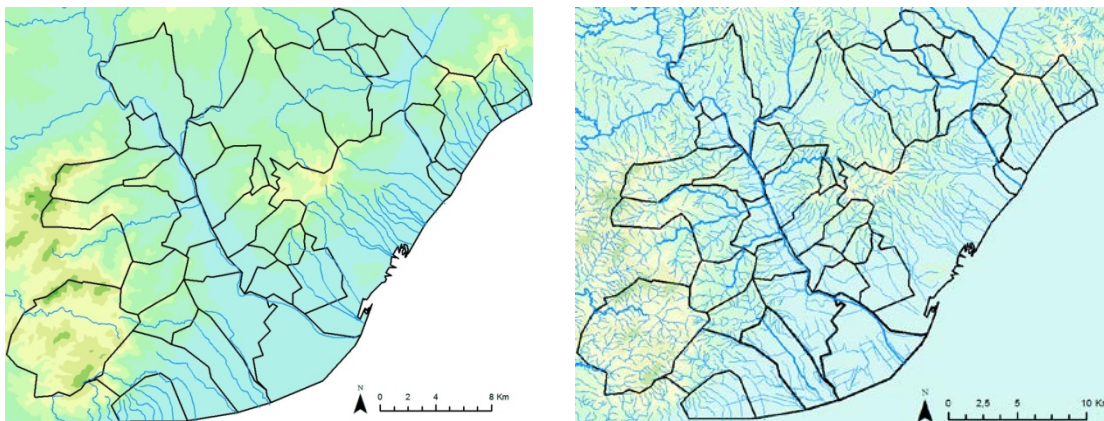


Figura 8. Xarxa hidrogràfica principal (esquerra) i completa (dreta).

També es disposa d'un ràster del Model Digital Terrestre (MDT) a escala 1:25.000 del Ministeri de Foment, elaborat per l'Institut Geogràfic Nacional (<http://bit.ly/1Kv4xUv>).

- iv) *Zones inundables*: Es disposa de capes vectorials de les zones inundables del Llobregat, Besòs i rieres del Garraf, amb els períodes de retorn de 500, 100, 50, 25 i 10 anys), a l'annex 1.2 podem veure els diferents arxius per a GIS que ofereix l'ACA.

Tot seguit observem un mapa de l'AMB amb els diferents períodes de retorn dels principals rius del territori, podem observar com a la desembocadura del Llobregat la zona inundable és notable per als períodes de retorn més elevats.

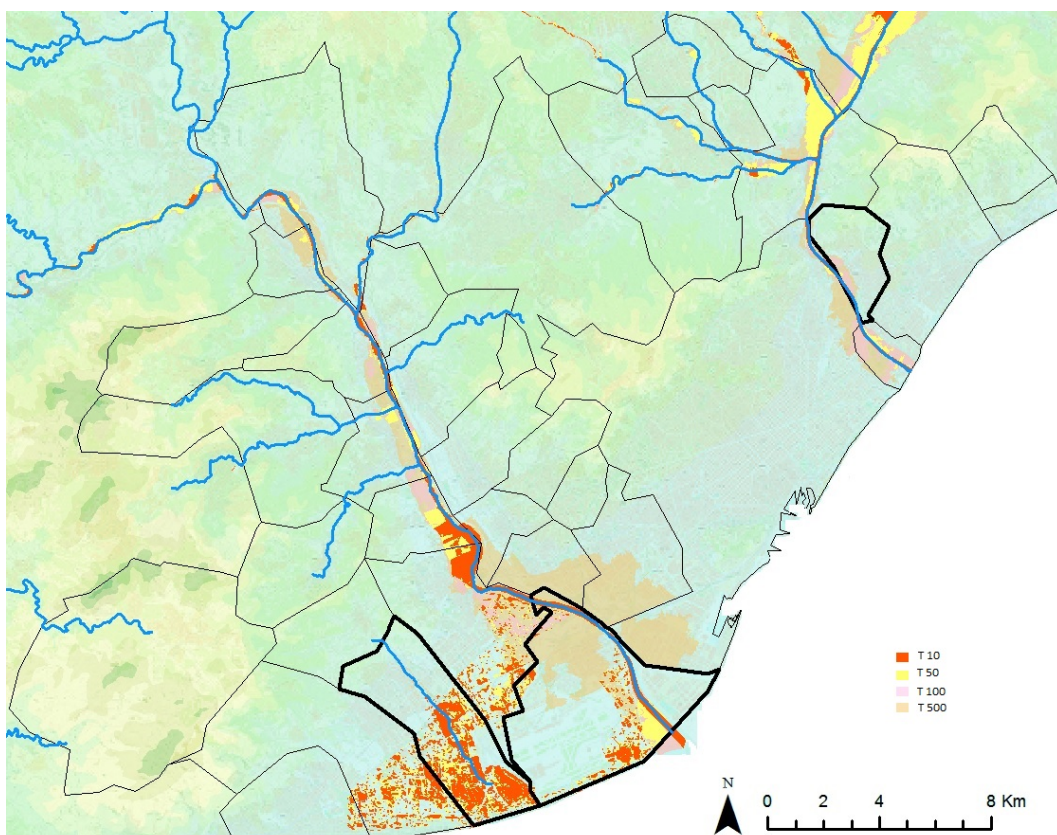


Figura 9. Períodes de retorn Llobregat i Besòs, rius principals sobre un MDT i un mapa topogràfic en WMS (Capa Online de l'ICC).

#### 1.4. Sortides escenaris climàtics

L'objectiu s'ha tractat mitjançant l'anàlisi de les dades dels observatoris Fabra (1914-2010), Aeroport (1940-2010) i de la sèrie reconstruïda BCN (1855-2010), així com dels models climàtics d'alta resolució inclosos en el projecte ENSEMBLES, 11 models climàtics regionals que en anàlisis previs han mostrat que són capaços de reproduir les característiques del clima present. Els extrems de precipitació s'han tractat utilitzant anàlisis de valors extrems en el context de la Distribució de Valors Extrems Generalitzada (GEV) i a través de les definicions del ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices).

#### 1.5. Punts a tractar d'especial interès per l'AMB

En aquest moment es consideren prioritaris atenent a que s'estan elaborant els plans d'adaptació els municipis de: Viladecans, Prat de Llobregat i Santa Coloma. Com es veurà al capítol següent aquests municipis han estat afectats per 15, 29 i 8 episodis d'inundació respectivament.

A continuació s'exposen les bases cartogràfiques per aquesta zona (la llegenda es troba a l'annex 1.1):

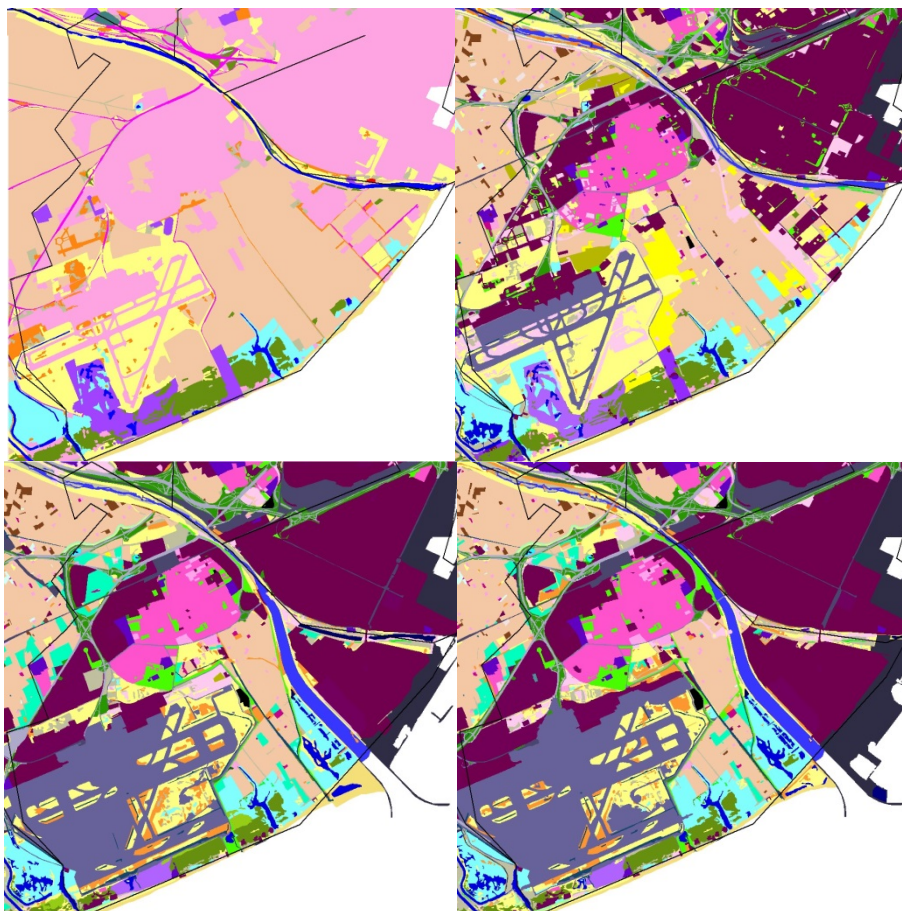


Figura 10. Mapa d'Usos de Cobertures de Sòls de Catalunya, detall del Prat del Llobregat: 1a edició (1993), 2a edició (2000-2002), 3a edició (2005-2007) i 4a edició (2009).

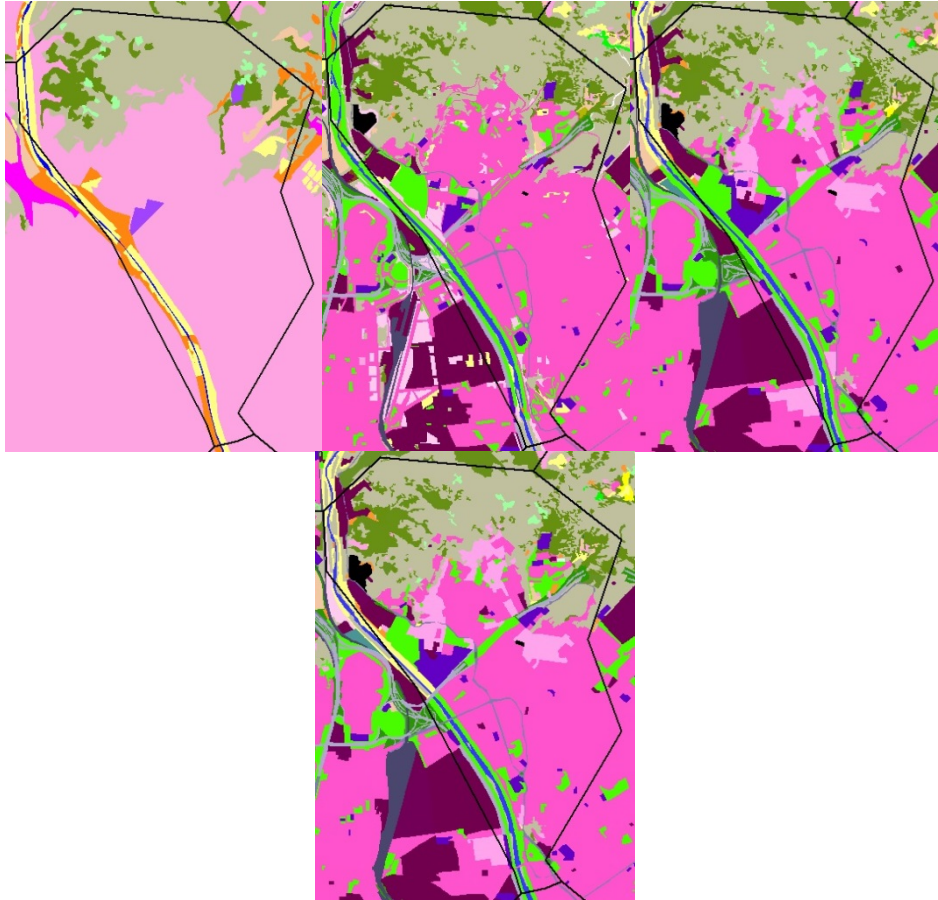


Figura 11. Mapa d'Usos de Cobertures de Sòls de Catalunya, detall de Santa Coloma: 1a edició (1993), 2a edició (2000-2002), 3a edició (2005-2007) i 4a edició (2009). CREAM.

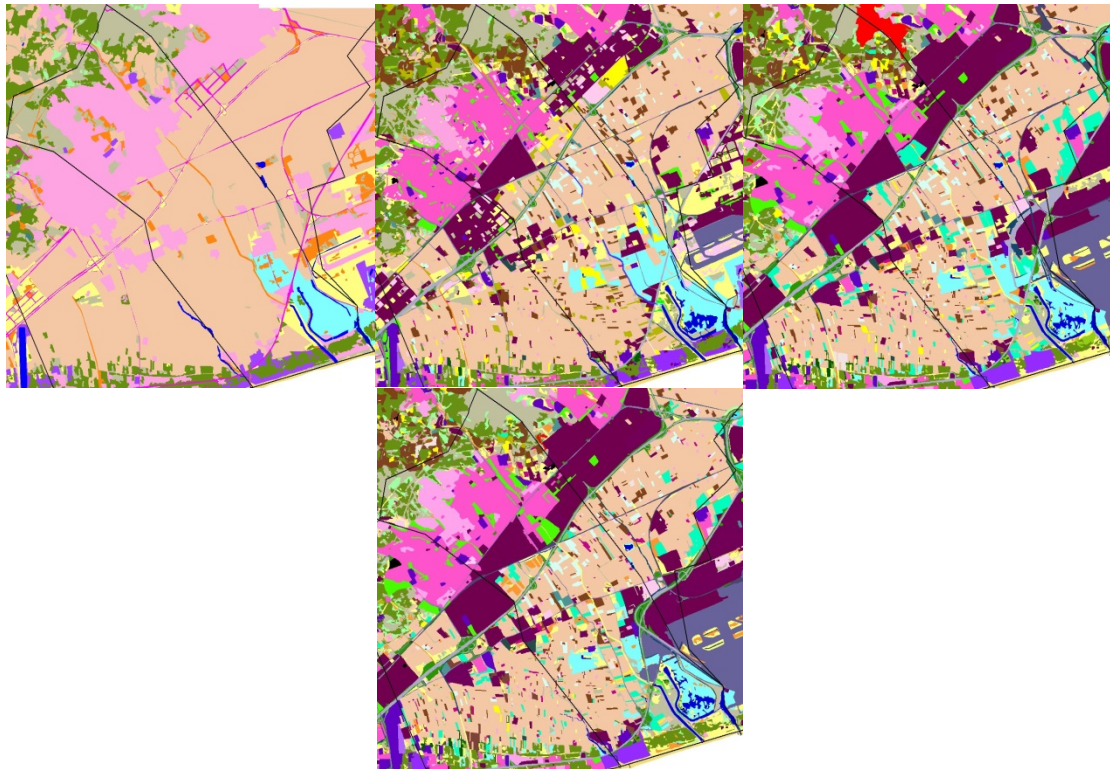


Figura 12. Mapa d'Usos de Cobertures de Sòls de Catalunya, detall de Viladecans: 1a edició (1993), 2a edició (2000-2002), 3a edició (2005-2007) i 4a edició (2009).

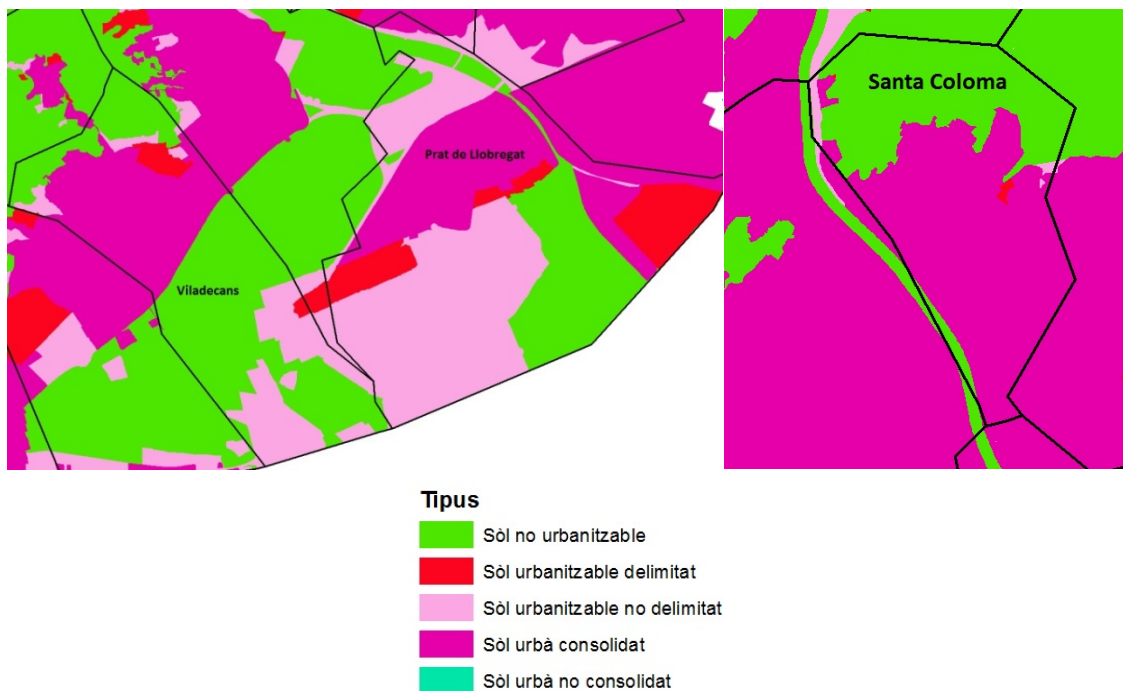


Figura 13. Mapa urbanístic de Catalunya 2011, detall de Viladecans, del Prat del Llobregat i de Santa Coloma.

En aquestes imatges dels mapes de cobertures del sòl de Catalunya ampliades en els municipis de treball, podem observar una ampliació de la zona urbana i una ampliació considerable de les categories des de la primera edició a la última. En el municipi del Prat de Llobregat podem

veure com l'Aeroport de Barcelona ha anat ampliant-se. D'altra banda sembla que Santa Coloma és el municipi que experimenta menys canvis en els usos del sòl.

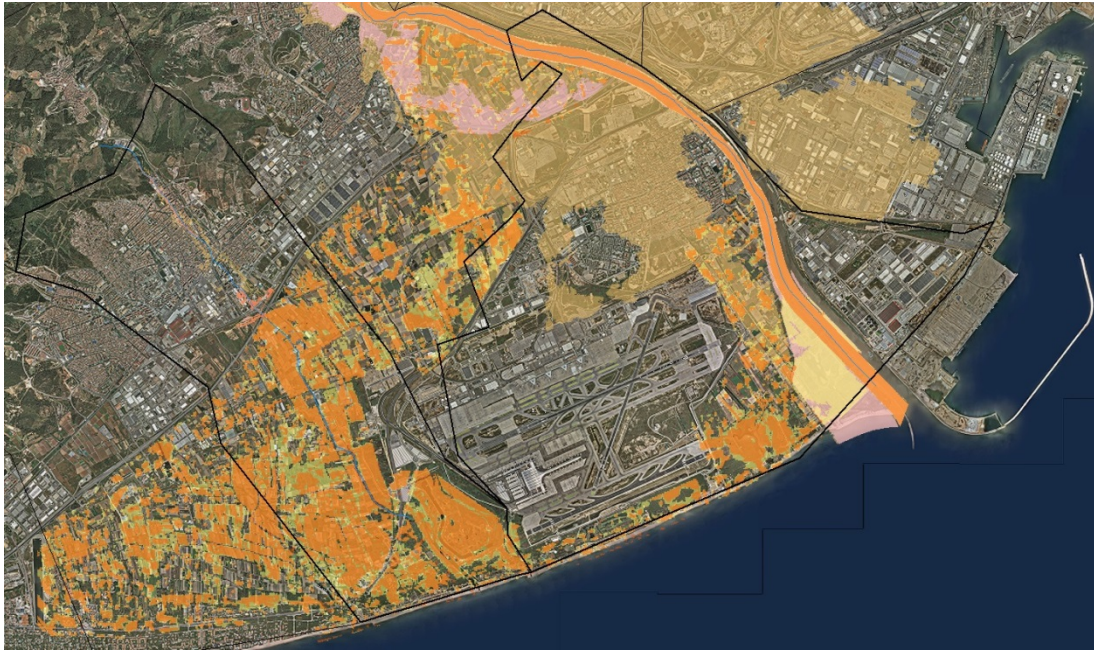


Figura 14. Detall de les zones inundables de Viladecans i el Prat de Llobregat amb els períodes de retorn (segueix la mateixa llegenda que la fig.9) sobre una ortofoto WMS (Capa online del ICC).



Figura 15. Detall de les zones inundables Santa Coloma amb els períodes de retorn de 500 i 10 anys (segueix la mateixa llegenda que la fig.9) sobre una ortofoto WMS (Capa online del ICC).

## 2. APROXIMACIÓ “BOTTOM-UP”: CRITERIS DE VULNERABILITAT I IMPACTE DE LES INUNDACIONS

### 2.1. Proposta d'indicadors d'impacte socioeconòmic

Amb la finalitat de poder avaluar l'impacte s'han definit una sèrie d'indicadors a partir de la bibliografia i d'estudis i recerques pròpies:

Un primer grup fa referència a indicadors en els que es fa constar si sí han resultat afectats o no (sí/no), sense valorar quantitativament cada un d'ells:

- Carreteres/carrers
- Ponts
- Cotxes arrossegats
- Vies de tren
- Edificis
- Monuments, edificis o espais històrics
- Línies telèfon o electricitat
- Sistema clavegueram, infraestructures, conduccions gas,...
- Murs contenció o dics, preses
- Indústria
- Comerç
- Turisme
- Agricultura, ramaderia
- Averies en serveis públics

Un segon grup és d'indicadors mitjançant els quals es fa una valoració quantitativa:

- Nombre cotxes arrossegats
- Quantia indemnitzacions CCS
- Nombre notícies premsa
- Àrea afectada (nombre municipis afectats i IDA (Index Damaged Area)
- Nombre sortides de bombers
- Víctimes: nombre total de víctimes, característiques víctimes, circumstàncies i causes

Per cada un d'aquests indicadors es pot establir un nivell d'afectació en funció dels danys que s'han produït (Taula 6).

	Definition	Level 3	Level 2	Level 1
Public buildings	City hall, hospital, school, church, emergence centers, police building,...	Total destruction or collapsed	Partial destruction or structural damage	Flooded, habitable
Private houses	Houses with one or more floors, cellars,....	Total destruction or collapsed	Partial destruction or structural damage	Flooded, habitable
Bridges	Bridges, footbridges	Destroyed, unusable	Structural damages, unusables bridges or damages in footbridges	usable
Hydraulic installations	Mills, irrigation channels	Destruction	Medium damage	Minor damages
Roads	Railway, highway, state road, country road, regional road, municipal road	Partially destroyed, one or more stretch of the road damaged	Flooded, break > 12 h	Flooded, break between 0 and 12 h or not break
Services	Gas, electricity, telephone, water	Destruction of infrastructures and/or breaks > 24 h	Breaks between 6 and 24 h	Breaks < 6 h
Productive activities	Industry, agriculture and livestock, commerce, touristic infrastructures	Interruption of production and loss of productive system	Interruption of production and loss of products	Loss of products
Deaths	N of people death	more or equal to 10	Between 5 and 9	Between 1 and 4
Cars	Cars dragged or affected by water	More or equal to 20 dragged	between 5 and 19 dragged	Damaged and/or between 1 and 4 dragged

Taula 6. Graella d'indicadors amb nivell d'afectació

Un dels indicadors utilitzats és la quantia d'indemnitzacions pagades pel Consorci de Compensación de Seguros (d'ara en endavant CCS) per causa d'inundacions. El Consorci de Compensación de Seguros és una entitat pública empresarial, adscrita al Ministeri d'Economia i Competitivitat, a través de la Direcció General d'Assegurances i Fons de Pensions. Aquesta entitat compensa els danys produïts, a les persones i als béns, per determinats fenòmens de la natura com inundacions o terratrèmols, per situacions de violència o per fets o actuacions de les forces armades o de les forces i cossos de seguretat en temps de pau. Per rebre aquestes compensacions cal que les persones o béns afectats tinguin subscripta una pòlissa d'assegurança a qualsevol companyia d'assegurances autoritzada.

## 2.2. Representació geoespacial de totes les variables

### 2.2.1. Usos del sòl

#### 2.2.1.1. Metodologia

##### a) Mapa d'usos del sòl.

Per tal d'elaborar els mapes de permeabilitat/escorrentia, s'ha partit dels Mapes de Cobertures del Sòl de Catalunya (MCSC) que el CREAM proporciona a alta resolució. El CREAM ha creat varies edicions de MCSC per diferents períodes temporals, i d'aquesta manera es fa possible observar els canvis de les cobertures i usos del sòl al llarg del temps.

Existeixen 4 edicions completes per tota Catalunya (1993, 2002, 2007 i 2009) i una cinquena només elaborada per la província de Barcelona (1956).

Edició	Vol americà	MCSC-I	MCSC-II	MCSC-III	MCSC-IV
<b>Any</b>	1956	1993	2000-2002	2005-2007	2009
<b>Escala ortofotos</b>	1:25.000	1:25.000	1:5.000	1:5.000	1:2.500
<b>Resolució (píxel)</b>	2.5 m	2.5 m	0.50 m	0.5 m	0.25 m
<b>Escala de treball</b>	1:3.000	1:3.000	1:1.500	1:1.500	1:1.000
<b>Categories</b>	241	24	61	241	241

Taula 7. Característiques dels MCSC per cada una de les edicions.

Els MCSC són un producte digital que comprèn els principals tipus de cobertes del sòl, amb una llegenda jeràrquica de 2 nivells i 1 subnivell per la primera edició, de 3 nivells i 1 subnivell per la segona edició, i de 5 nivells i un subnivell per la tercera i quarta edició. Per tal d'obtenir una llegenda d'aquest tipus, part de les categories incloses als nivells superiors són subdivisions de les categories dels nivells inferiors.

Per treballar de forma homogènia hem escollit per a totes les edicions la llegenda de nivell 2 que correspon a 24 categories, ja que és el màxim de categories que té la 1a edició i que la resta d'edicions tenen inclosa. D'aquesta manera, podem fer comparacions entre els diferents mapes i els podem reclassificar, agrupant categories segons les permeabilitats que tinguin.

El GIS escollit per tal de processar tota la informació, visualitzar i fer els càlculs pertinents ha estat l'ArcGis 10. Tot i que el CREAM té les edicions III, IV i la del Vol en format SHP (format vectorial comú, que permet ser llegit amb ArcGis), les dues primeres edicions estan en format MMZ, que només s'utilitza amb el software GIS MiraMon. Per tenir tota la informació centralitzada, s'han fet pretractaments i conversions en els seus formats per així poder tenir-ho tot centralitzat i uniforme. Per acabar, s'ha escollit una llegenda homogènia i adient seguint els patrons proposats pel CREAM.

Una vegada tenim tots els mapes amb formats iguals, es calculen els canvis de les cobertures del sòl per les diferents edicions, ja sigui a nivell d'AMB o a nivell municipal. Posteriorment, es decideixen les conseqüents reagrupacions per tal de fer els mapes de permeabilitat/escorrentia. Les 24 categories inicials s'han reclassificat en 7 categories finals seguint les taules d'escorrentia per diferents períodes de retorn proposades per Ven Chow et al., 1988. En aquestes taules hi apareixen els coeficients d'escorrentia (en tant per 1). El coeficient ens indicarà l'aigua que circularà per sobre cada una de les superfícies. Finalment es calcula el coeficient mitjà per cada municipi.

b) Mapes de precipitació màxima diària esperada associada a diferents períodes de retorn

Aquests mapes s'han realitzat a partir d'una anàlisi escalar utilitzant dades procedents d'estacions pluviomètriques del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC, Casas Castillo et al., 2005). El resultat són mapes en format MMZ que s'han convertit prèviament a SHP per tal de tractar-los en ArcGis. Els períodes de retorn escollits han estat els mateixos que pels mapes d'escorrentia (2, 5, 10, 25, 50, 100 i 500 anys).

Els mapes s'han tractat per l'AMB extraient els valors mitjans de precipitació per cada un dels 36 municipis. Per cadamunicipi s'ha calculat el valor mig de precipitació (polígon) a partir del valor de la mateixa a cada píxel, amb la finalitat de tenir una dada per cada un dels municipis. Així cada municipi disposarà de 4 dades mitjanes associades als períodes de retorn analitzats.

c) Altres

Mapes d'inundacions a partir de la DB INUNGAMA, mapes d'indemnitzacions econòmiques del CCS, mapa de municipis afectats per episodis d'inundació, mapa de densitat de població i mapa de PIB municipal (global i per càpita).

Per elaborar-los s'ha seguit el mateix procés, ja que són mapes de coropletes municipals. Per tant el que es disposa d'una dada numèrica per cada municipi i posteriorment s'agrupen els valors segons la distribució adient per tal de representar-ho en un mapa de colors.

d) Mapes derivats

Mapa d'escorrentia municipal: Aquest és una combinació dels mapes de precipitació diària esperada per diferents períodes de retorn i els coeficients d'escorrentia mitjans per municipi. Per tal de combinar-los, prèviament haurem de fer el mateix tractament en el mapa de permeabilitat. Extraurem el valor mig de coeficient d'escorrentia per cada un dels municipis de l'AMB. Cada us del sòl, com s'ha comentat té un coeficient i cada municipi tindrà un valor mig per cada període de retorn.

Una vegada es té un valor mig del coeficient d'escorrentia per cada període de retorn i de precipitació màxima esperada per cada període de retorn, per cada una de les edicions, podem

calcular l'escorrentia ideal de cada municipi. El resultat serà el producte entre la precipitació i el coeficient.

2.2.1.2. Resultats:

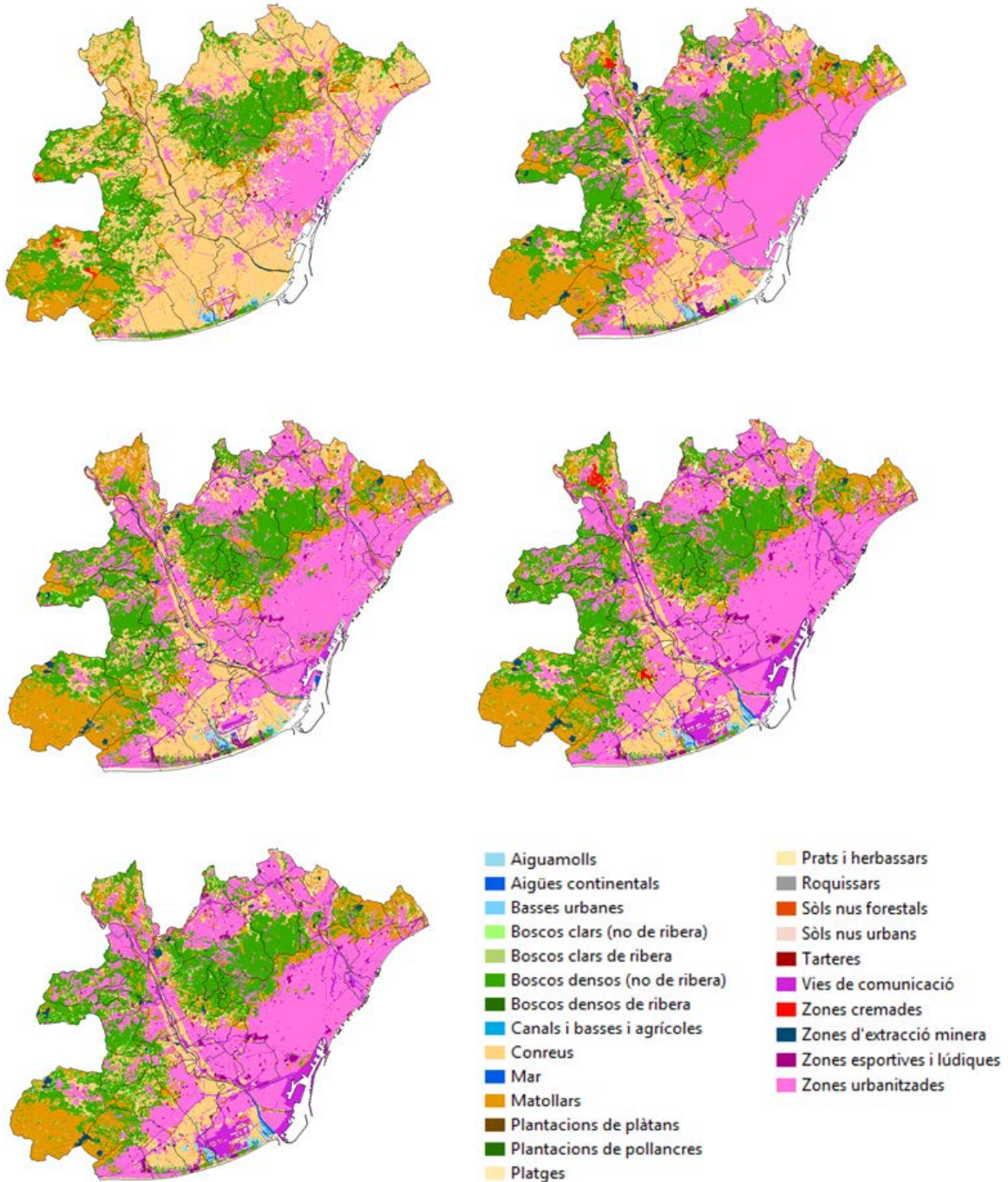


Figura 16. Evolució dels usos del sòl a l'AMB, per les 24 categories inicialment escollides.

En aquesta seqüència de mapes (Figura 16) podem observar els canvis en els principals usos del sòl. El que més destaca és l'increment de zona urbanitzada, concretament des del primer mapa de 1956 fins a la primera edició de 1993. Durant l'actualitat ha anat creixent de forma molt més lleugera

En el mapa de 1956, podem remarcar la importància de l'agricultura, ja que els conreus ocupaven gairebé el 50% (Figura 17) de la superfície total de l'AMB. Del continu urbà tan sols s'observa en el municipi de Barcelona i en el sector de l'Hospitalet que està més enganxat a la capital, Badalona i Santa Coloma també mantenien un nucli urbà més o menys destacat.

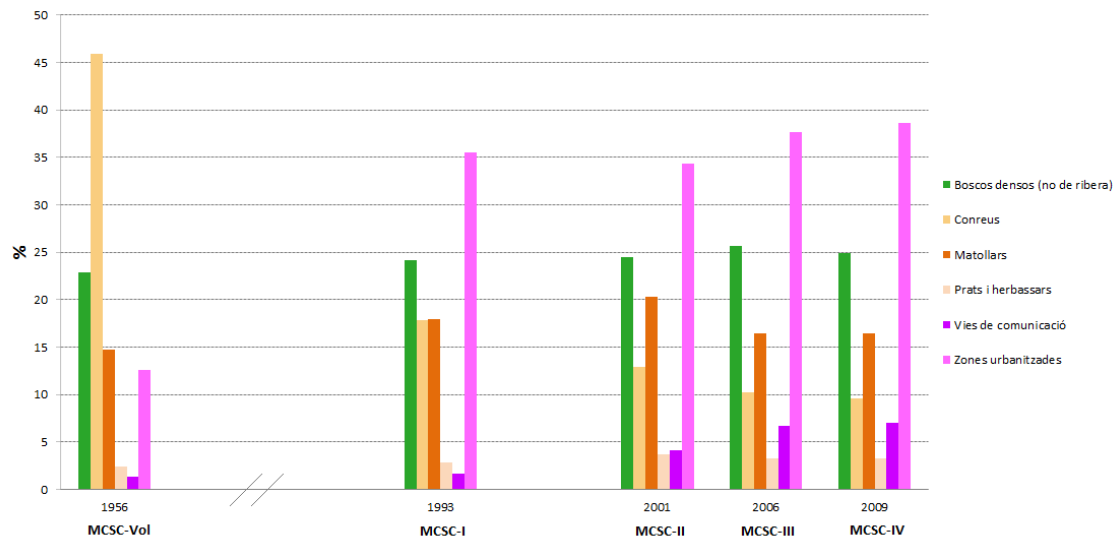


Figura 17. Evolució superfícies més representatives de la classificació de 24 categories. Cada període temporal coincideix amb una edició del mapa de cobertures.

La Figura 17 ens explica l'evolució general en (%) dels 6 principals usos del sòl, que expliquen més del 80% de l'àrea AMB. S'observa com la superfície boscosa s'ha mantingut força constant al llarg dels anys. Observem un lleuger increment en els matollars i els prats, probablement antics camps de conreu. D'altra banda els conreus disminueixen fins a un 35% la seva superfície en detriment, principalment, dels sòls urbans i vies de comunicació (i en menor mesura pels boscos, matollars i herbassars).

Cal remarcar que en la primera edició es consideren menys vies de comunicació (es consideren zones urbanitzades). D'aquesta manera veiem que hi ha més zona urbanitzada al MCSC-I que al MCSC-II. L'explicació fa referència a una decisió subjectiva alhora d'elaborar els dos mapes. La primera edició és la que més varia respecte les altres quatre, tot i que a grans trets, i una vegada es faci la reclassificació de les permeabilitats, aquest problema desapareix.

A continuació, tal i com s'exposa a l'apartat de metodologia, es fa una reclassificació per tal de poder associar coeficients d'escolament als diferents usos del sòl. A la Taula 8, s'observen les agrupacions i els coeficients d'escorrentia (Ce) associats per diferents períodes de retorn.

		Ce - PERÍODE DE RETORN	2	5	10	25	50	100	500
CLASSE (proposada)									
6	Impermeable Alt	Roquissars	0,74	0,78	<b>0,82</b>	0,87	<b>0,91</b>	<b>0,96</b>	<b>1,00</b>
		Vies de comunicació							
		Glaceres i congestes							
		Tarteres							
		Zones d'extracció minera							
		Zones urbanitzades							
5	Impermeable Mig	Sòls nus urbans	0,40	0,43	<b>0,45</b>	0,49	<b>0,52</b>	<b>0,55</b>	0,62
		Zones esportives i lúdiques							
4	Impermeable Baix	Sòls nus forest.	0,35	0,39	<b>0,41</b>	0,45	<b>0,48</b>	<b>0,52</b>	<b>0,58</b>
		Zones cremades.							
3	Permeable Baix	Conreus.	0,35	0,38	<b>0,41</b>	0,44	<b>0,48</b>	<b>0,51</b>	0,60
		Plantacions plàtans.							
		Plantacions pollancre.							
2	Permeable Mig	Matollars.	0,33	0,36	<b>0,38</b>	0,42	<b>0,45</b>	<b>0,49</b>	<b>0,58</b>
		Prats i herbassars.							
1	Permeable Alt	Boscoss densos de ribera.	0,31	0,34	<b>0,36</b>	0,4	<b>0,43</b>	<b>0,47</b>	<b>0,56</b>
		Boscoss densos (no de ribera).							
		Boscoss clars de ribera							
		Boscoss clars (no de ribera)							
0	Moll	Basses urbanes.	0	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
		Aigües continentals.							
		Aiguamolls.							
		Canals i basses agrícoles.							
		Mar.							
		Plantges.							

Taula 8. Coeficients d'escorrentia (Ce) per cada un dels usos del sòl associat a diferents períodes de retorn, i reclassificació de 24 a 7 categories.

Una vegada elaborada la nova base de dades a partir d'una simplificació, s'han obtingut els mapes de permeabilitat que podem observar a continuació (Figura 18). Cada categoria és més o menys permeable i li podem atribuir un coeficient segons el període de retorn en el qual vulguem treballar.

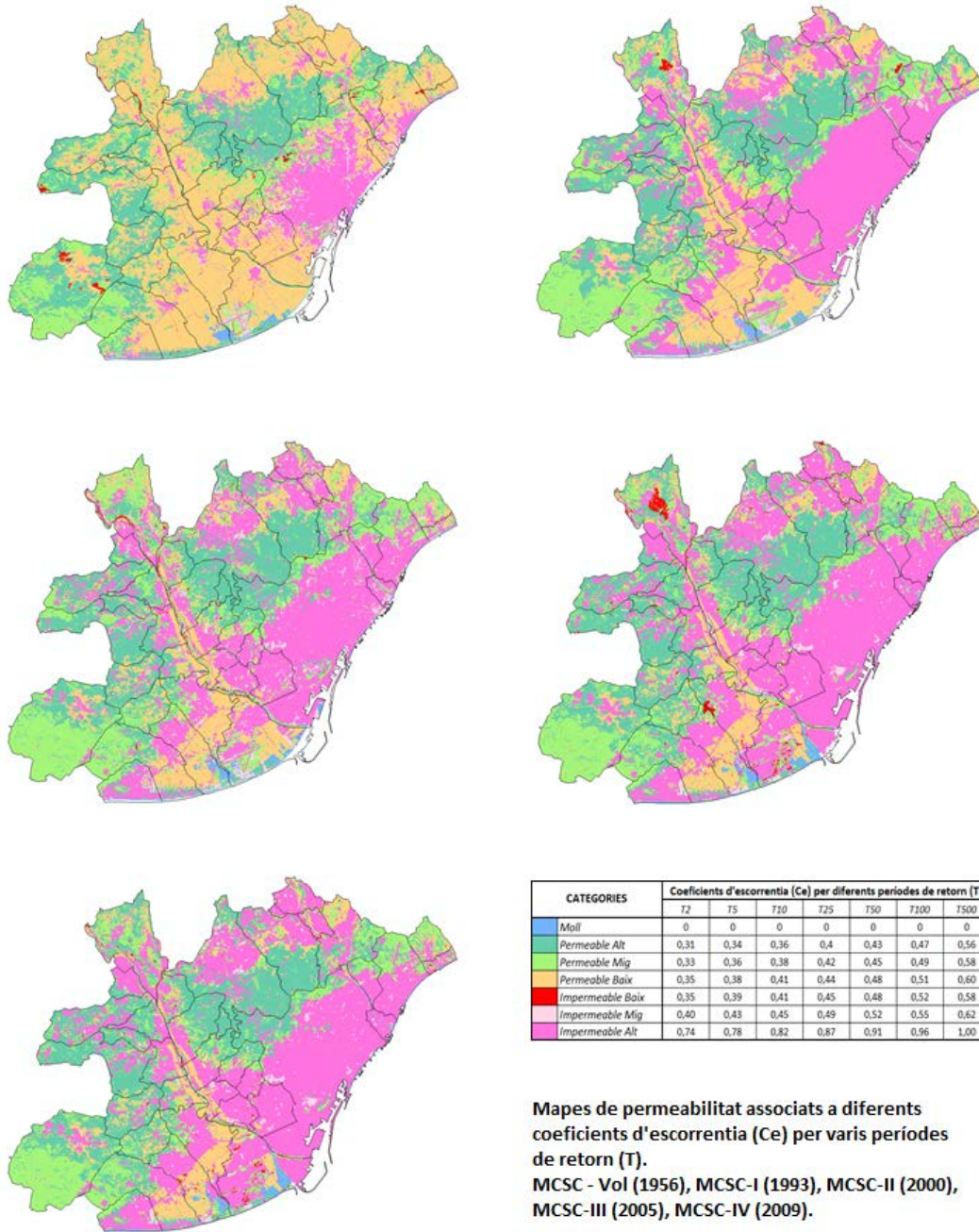


Figura 18. Evolució dels usos del sòl reclassificats segons la seva permeabilitat

En la figura 19, podem veure un gràfic bastant similar, ja que el permeable alt fa referència als boscos (en aquest cas estan totes les tipologies incloses), el permeable mig inclou matollars i herbassars, el permeable baix tot els tipus de conreus i l'impermeable alt agrupa totes les zones urbanitzades i vies de comunicació, principalment. Per tant les evolucions són les mateixes.

Les altres tres categories no arriben al 5% de la superfície, però s'ha vist necessari separar-les ja que els coeficients d'escolament varien i en algun municipi concret aquestes superfícies poden ser rellevants.

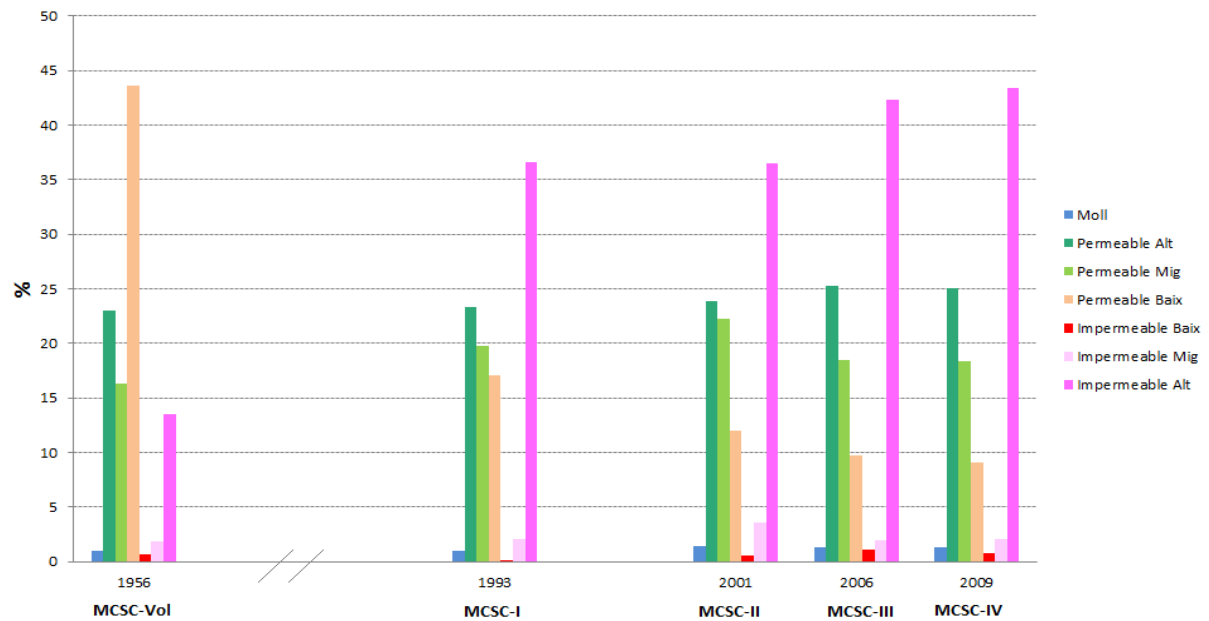


Figura 19. Evolució superfícies de la classificació de 7 categories, segons la seva permeabilitat. Cada període temporal coincideix en una edició del mapa de cobertures.

De cada municipi s'han extret les mitjanes dels coeficients d'escorrentia a partir dels mapes de permeabilitat. Cada mitjana està calculada per cada edició i per cada període de retorn.

Abans, però, de poder calcular l'escorrentia superficial mitjana de cada municipi, hem calculat la precipitació màxima en 24h associada als mateixos períodes de retorn. D'aquesta manera el producte entre el coeficient i la precipitació suposarà l'escorrentia superficial mitjana de cada municipi de l'AMB (sense tenir en compte el sistema de claveguerams).

### 2.2.2. Episodis d'inundació que han afectat l'AMB i distribució espacial

En aquest apartat es pot trobar la representació gràfica del nombre d'episodis d'inundacions per municipis de l'AMB pels períodes 1900-1980 (Figura 20), 1981-2010 (Figura 21) i 1900-2010 (Figura 22). Cal destacar la major concentració d'episodis en la zona costanera i en l'eix del Llobregat. El fet de disposar d'informació més detallada pels darrers anys, permet destacar municipis com Sant Cugat del Vallès o Castelldefels.

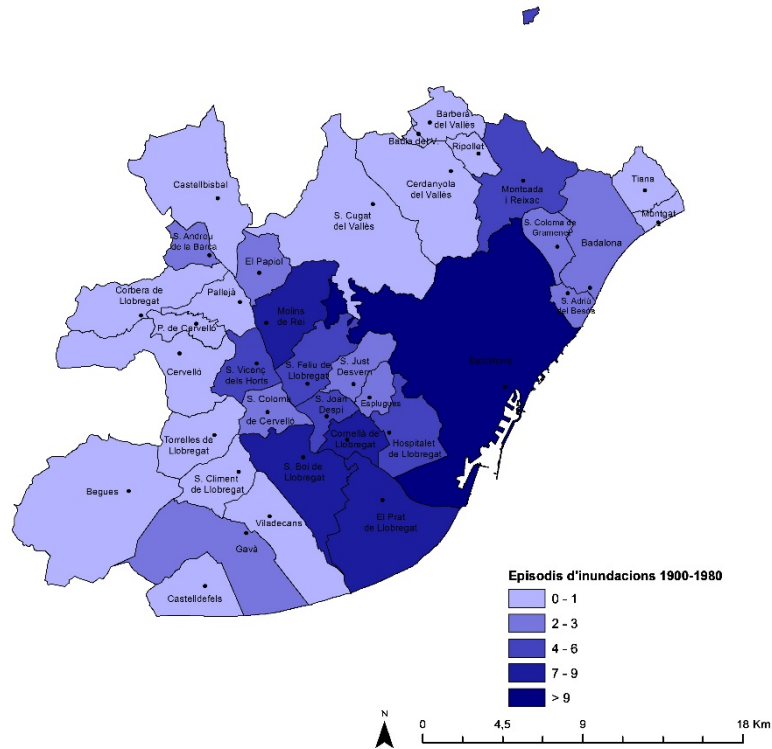


Figura 20. Nombre total d'episodis d'inundacions entre 1900 i 1980 que han afectat cada municipi de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

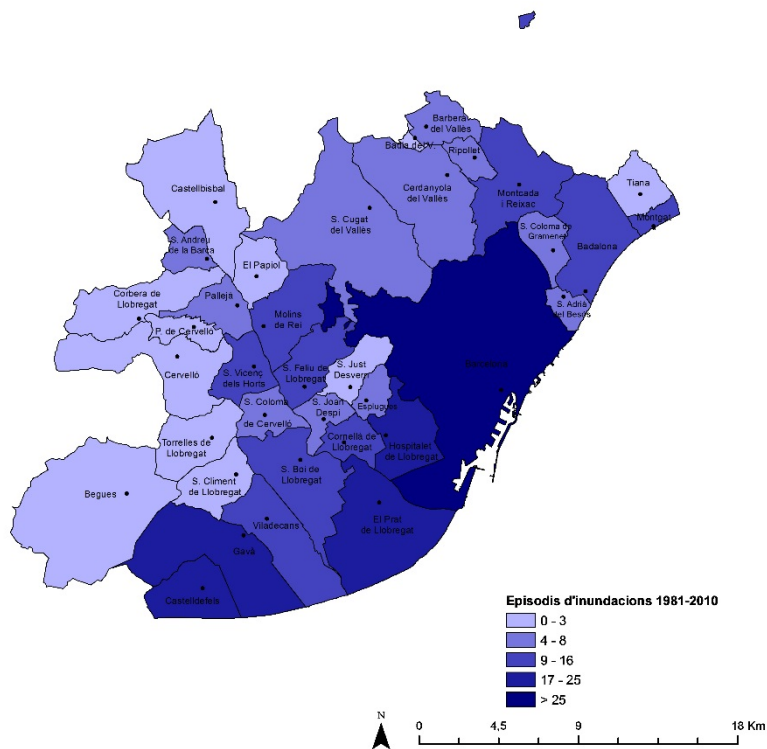


Figura 21. Nombre total d'episodis d'inundacions entre 1981 i 2010 que han afectat cada municipi de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

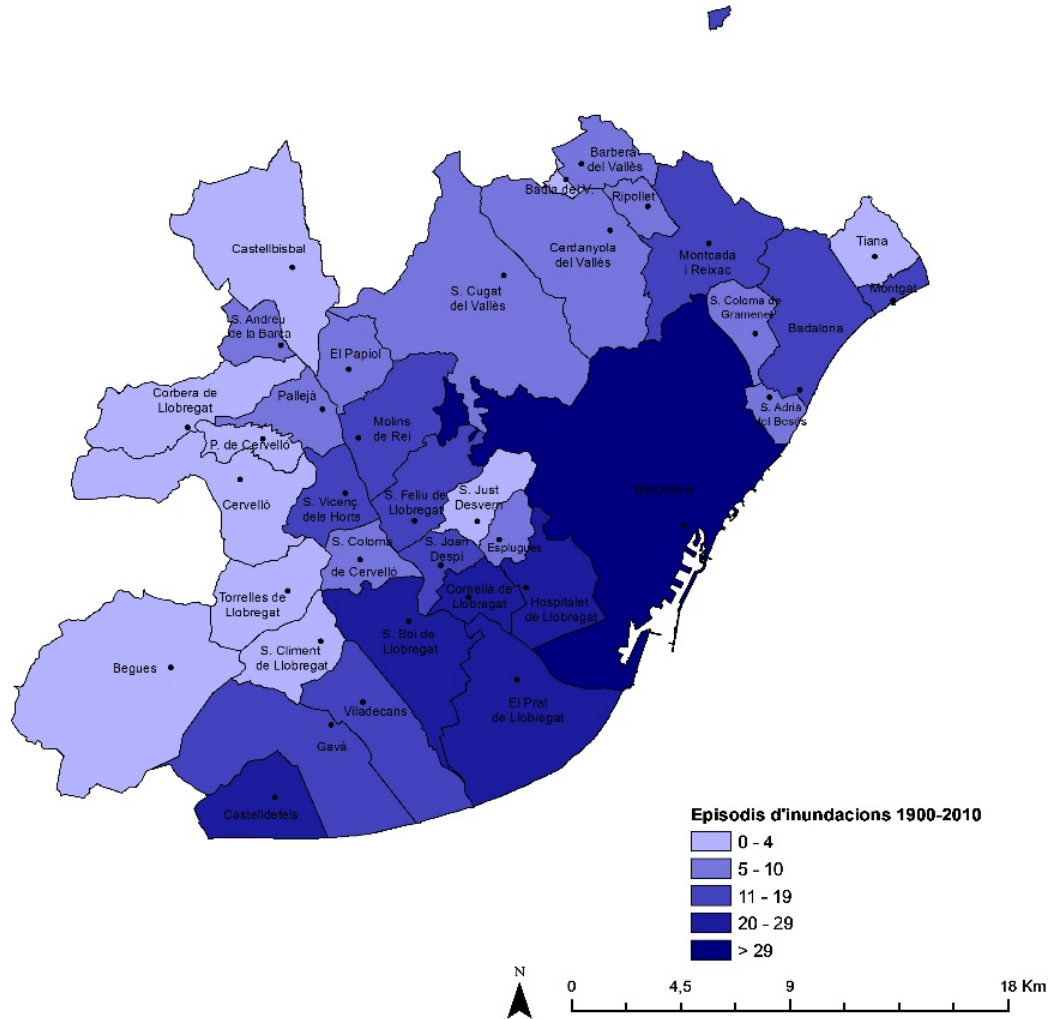


Figura 22. Nombre total d'episodis d'inundacions entre 1900 i 2010 que han afectat cada municipi de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

### 2.2.3. Nombre episodis d'inundacions i categoria AMB per municipis entre 1981 i 2010

Com s'ha indicat a la introducció, s'ha identificat la categoria de cada episodi a nivell de l'AMB. En les següents representacions es mostra el nombre d'episodis de categoria extraordinària i catastròfica a nivell municipal (Figures 23 i 24). Entre 1981 i 2010, dels 15 episodis catastròfics a Catalunya, 8 van ser catastròfics a l'AMB.

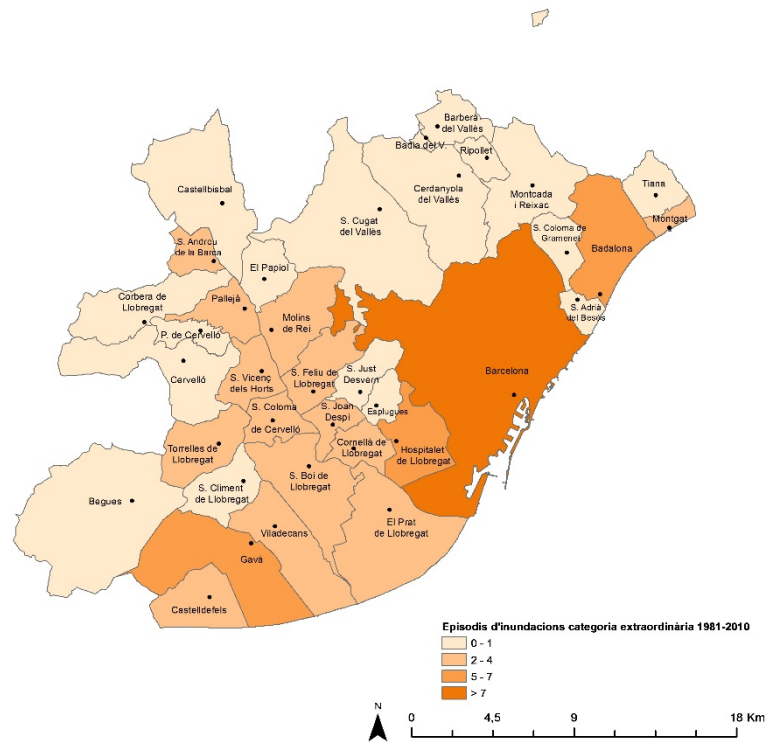


Figura 23. Nombre total d'episodis extraordinaris per municipi 1981-2010

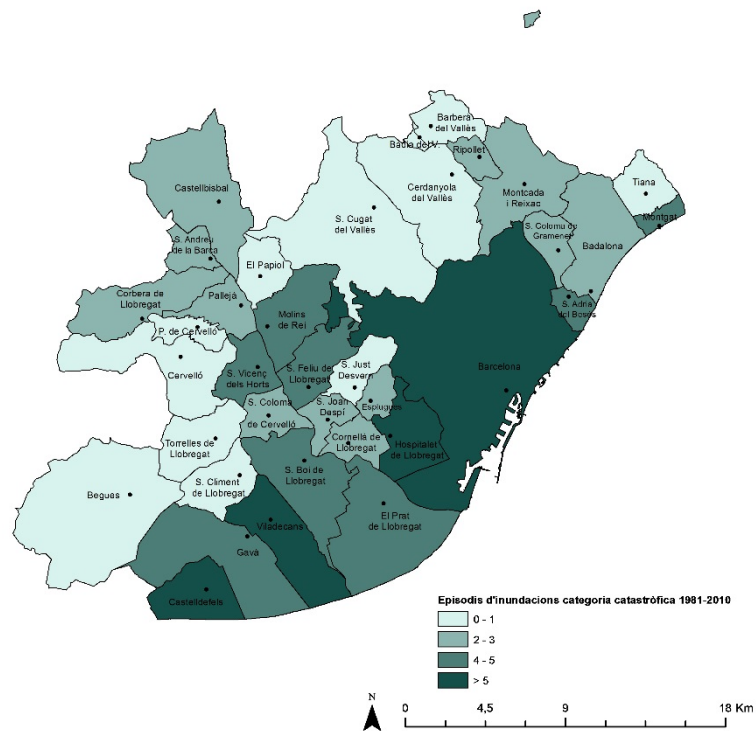


Figura 24. Nombre total d'episodis catastròfics per municipi 1981-2010

#### 2.2.4. Quanties pagades pel CCS a l'AMB per municipis 1996-2014

A partir de la sèrie d'indemnitzacions pagades per inundacions pel CCS pel període 1996-2014 s'han analitzat a nivell de cada municipi de l'AMB. En la Figura 25 es pot observar la distribució de les quantitats pagades en cada municipi. Les indemnitzacions del CCS als municipis de Barcelona, Castelldefels, Montcada i Reixac i Hospitalet de Llobregat suposen més del 60 % del total entre 1996 i 2014.

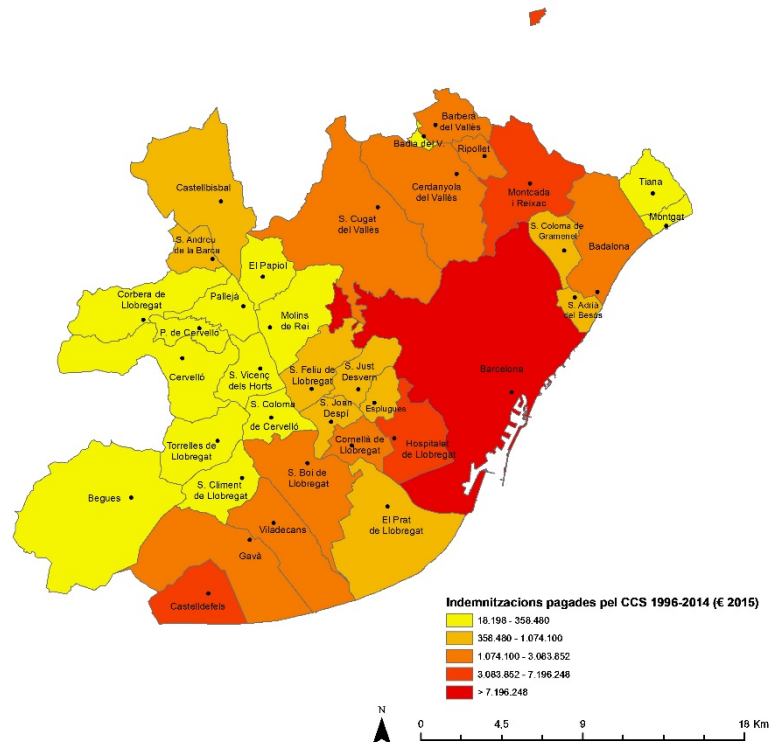


Figura 25. Mapa amb la distribució espacial de les indemnitzacions del CCS (Consorci de Compensació de Seguros) entre 1996 i 2014.

### 2.3. Anàlisi de les sèries històriques d'inundacions i del seu impacte

S'ha realitzat un estudi del nombre total d'episodis d'inundacions que han afectat els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) pels períodes 1900-2010 i 1981-2010. A la Taula 9 es mostra el nombre d'episodis que han afectat a cada un dels municipis de l'AMB per tot el període (1900-2010) i desagregat pels períodes 1900-1980 i 1981-2010 ja que pel període 1981-2010 s'ha mirat de manera sistemàtica dia per dia de qualsevol possible esdeveniment d'inundació (ja sigui urbà, per dificultats de drenatge o per desbordament), que hagi afectat l'AMB en tant que per al període anterior es recullen episodis que han estat notables. S'observa que s'han produït 127 episodis entre 1900 i 2010, entre els quals destaca Barcelona que ha estat afectada per un 64% dels episodis seguida del Prat de Llobregat amb un 23%. Entre 1981 i 2010 s'han produït 97 episodis, un 65% d'aquests ha afectat a Barcelona, un 26% a Castelldefels i un 21% al Prat de Llobregat. A l'Annex I s'inclouen les taules amb les dates dels episodis que s'han produït a cada municipi.

Municipis	1900-1980	1981-2010	1900-2010
Barcelona	19	63	82
El Prat de Llobregat	9	20	29
Hospitalet de Llobregat	5	22	27
Castelldefels	0	25	25
Cornellà de Llobregat	9	13	22
Sant Boi de Llobregat	9	12	21
Gavà	2	17	19
Molins de Rei	8	10	18
Montgat	1	16	17
Sant Feliu de Llobregat	6	10	16
Viladecans	1	14	15
Badalona	2	12	14
Montcada i Reixac	4	10	14
Sant Vicenç dels Horts	4	10	14
Sant Joan Despí	6	7	13
Santa Coloma de Cervelló	2	8	10
Sant Andreu de la Barca	2	7	9
Esplugues	2	6	8
Santa Coloma de Gramenet	2	6	8
Pallejà	1	6	7
Cerdanyola del Vallès	1	6	7
Ripollet	1	5	6
Sant Adrià del Besòs	2	4	6
Sant Cugat del Vallès	0	5	5
el Papiol	3	2	5
Barberà del Vallès	1	4	5
Castellbisbal	1	3	4
Corbera	1	3	4
Torrelles de Llobregat	1	3	4
Sant Just Desvern	2	1	3
Begues	0	2	2
Cervelló	0	2	2
Tiana	0	2	2
Palma de Cervelló *	0	1	1
Sant Climent de Llobregat	0	0	0
Badia del Vallès **	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>107</b>	<b>338</b>	<b>445</b>

Taula 9. Nombre total d'episodis d'inundacions per municipi pels períodes 1900-1980, 1981-2010 i 1900-2010. (\* Palma de Cervelló s'ha agregat i desagregat de Cervelló diverses vegades. \*\* El municipi de Badia del Vallès es va constituir el 1994).

### 2.3.1. Evolució anual episodis d'inundació

#### 2.3.1.1. Evolució anual episodis d'inundacions Àrea Metropolitana de Barcelona

S'ha analitzat l'evolució de les inundacions que han afectat l'AMB. Per això s'ha realitzat un anàlisi de tendències d'aquestes pels dos períodes d'estudi: 1900-2010 (Figura 26) i 1981-2010 (Figura 27), considerant el total, les extraordinàries (CAT 1) i les catastròfiques (CAT 2). Per al període 1900-2010 s'observa una tendència positiva al 95% de significativitat aplicant el Test no paramètric de Mann Kendall (Kendall, 1975; Mann, 1945). Aquesta tendència positiva és deguda a que a partir de 1981 es disposa de molta més informació i en conseqüència es té constància d'un major nombre d'episodis. A partir de 1981 la informació de la base de INUNGAMA és més detallada, amb una recerca sistemàtica. Això es pot reafirmar aplicant el Test de Pettitt, que analitza la homogeneïtat de la sèrie, i en aquesta observem un Break Point l'any 1981. En canvi, aplicant el test no paramètric de Mann Kendall al 95 % de significativitat no s'observa tendència, per al període 1981-2010. Tot i així, es pot observar un lleuger increment en l'evolució de les inundacions durant aquest període que podria ser degut a un increment en el nombre d'episodis d'inundacions de categoria ordinària. El nombre d'episodis extraordinaris disminueix lleugerament, disminució que podria respondre a les mesures i infraestructures de prevenció que s'han anat implementant. El comportament és molt similar al del conjunt de Catalunya.

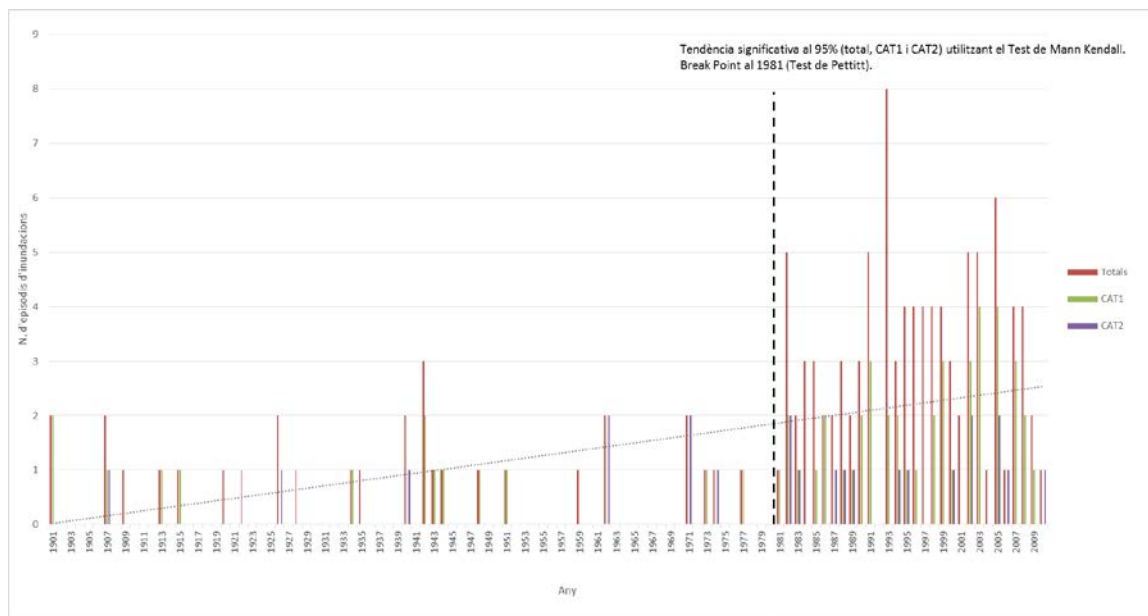


Figura 26. Evolució del total de les inundacions a l'AMB i per categories d'episodi entre 1900 i 2010 (la categoria correspon a la de l'episodi a nivell de Catalunya).

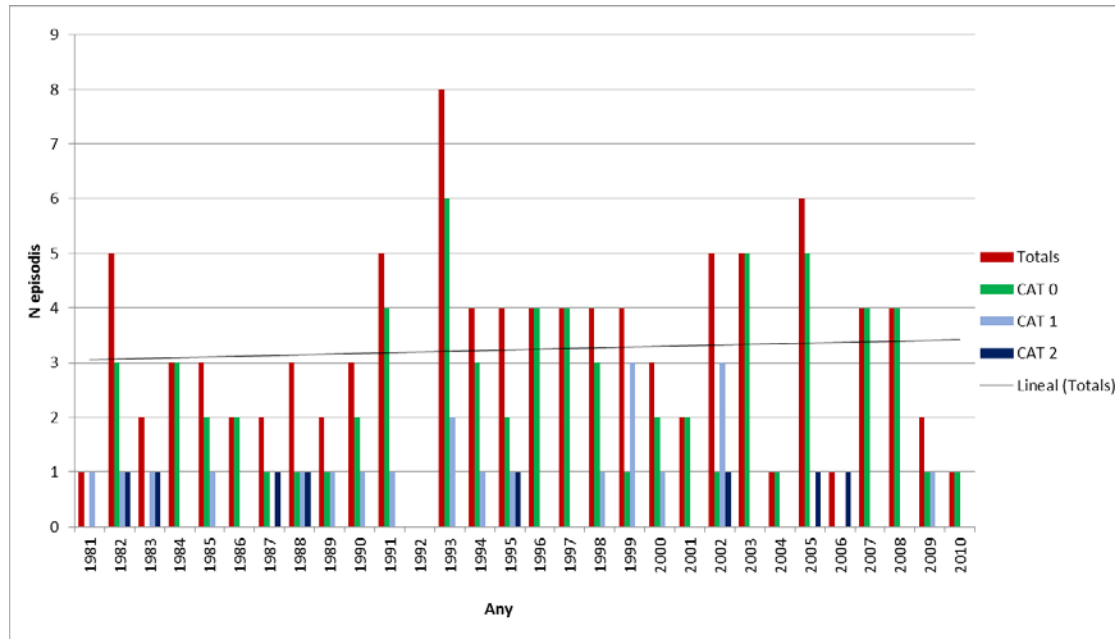


Figura 27. Evolució anual del nombre d'episodis d'inundacions total i per categories a l'AMB (categoria AMB, 1981-2010).

### 2.3.1.2. Evolució anual episodis inundacions per Barcelona

Donat que un important nombre d'episodis han afectat a Barcelona s'ha analitzat per separat la sèrie per Barcelona i per la resta de municipis de l'AMB sense considerar Barcelona. Tal com es mostra a la Figura 28 els episodis d'inundació a Barcelona tenen un comportament similar al de l'AMB en general però s'hi observa una disminució més marcada del nombre d'episodis extraordinaris. Aquesta disminució tindria relació amb la construcció de dipòsits d'aigües pluvials i altres mesures de prevenció. Per les extraordinàries i catastròfiques es troba una tendència significativa de -0,2 i -0,1 episodis/dècada respectivament.

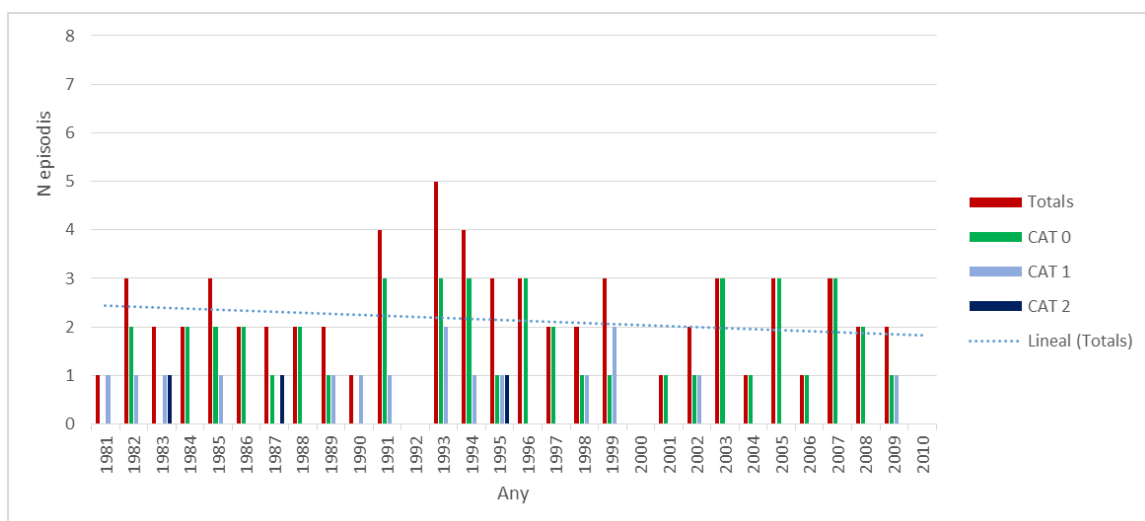


Figura 28. Evolució del nombre d'episodis total i per categories que han afectat Barcelona (1981-2010).

### 2.3.1.3. Evolució anual episodis inundacions Àrea Metropolitana de Barcelona sense Barcelona

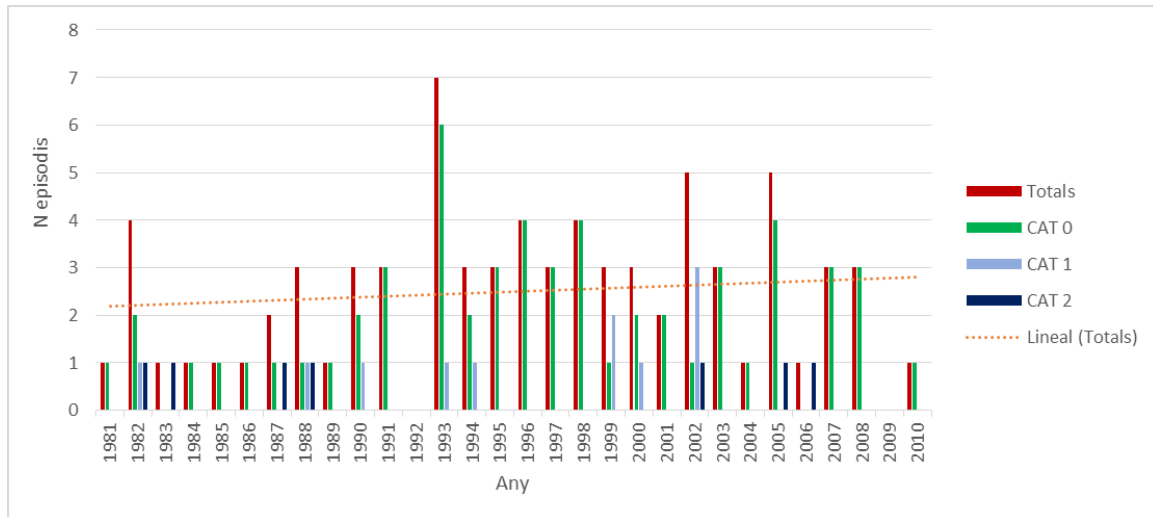


Figura 29. Evolució del nombre d'episodis total i per categories que han afectat municipis de l'AMB sense considerar Barcelona (1981-2010).

Si bé la tendència del nombre total d'episodis en el cas de la ciutat de Barcelona era d'una lleugera disminució, en el cas dels episodis que han afectat a l'AMB sense Barcelona s'observa un increment que respon sobretot a un lleuger increment de les inundacions ordinàries però que no és significatiu (Figura 29). No s'observa tendència significativa.

## 2.3.2. Distribució mensual

### 2.3.2.1. Distribució mensual episodis inundacions Àrea Metropolitana de Barcelona

S'ha analitzat la distribució mensual dels episodis d'inundació. A la Figura 30 es mostra la distribució mensual d'aquests entre 1900 i 2010 a l'AMB, el nombre total (incloent els ordinàries), els extraordinàries i els catastròfics sent la categoria la corresponent a nivell de Catalunya. Cal destacar la major concentració d'episodis entre els mesos d'agost i octubre, tal i com s'esmenta a l'article de Llasat et al. (2014). En el cas de les inundacions extraordinàries (CAT 1), els mesos en els quals s'han produït més episodis d'aquesta categoria són l'agost i el setembre amb el 22,8% i el 36,8% del total d'episodis extraordinàries, respectivament. En canvi, els catastròfics (CAT 2) es produeixen majoritàriament al setembre (26,1%), octubre (30,4%) i novembre (17,4%), sumant un total de 23 episodis catastròfics, els quals suposen el 18,1% de tots els episodis en el període 1900-2010. El mes de novembre els episodis catastròfics superen els extraordinàries, en canvi, els mesos d'agost i setembre els extraordinàries superen amb escreix els catastròfics, ja que és en aquests mesos quan es produeixen més inundacions sobtades (*flash floods*).

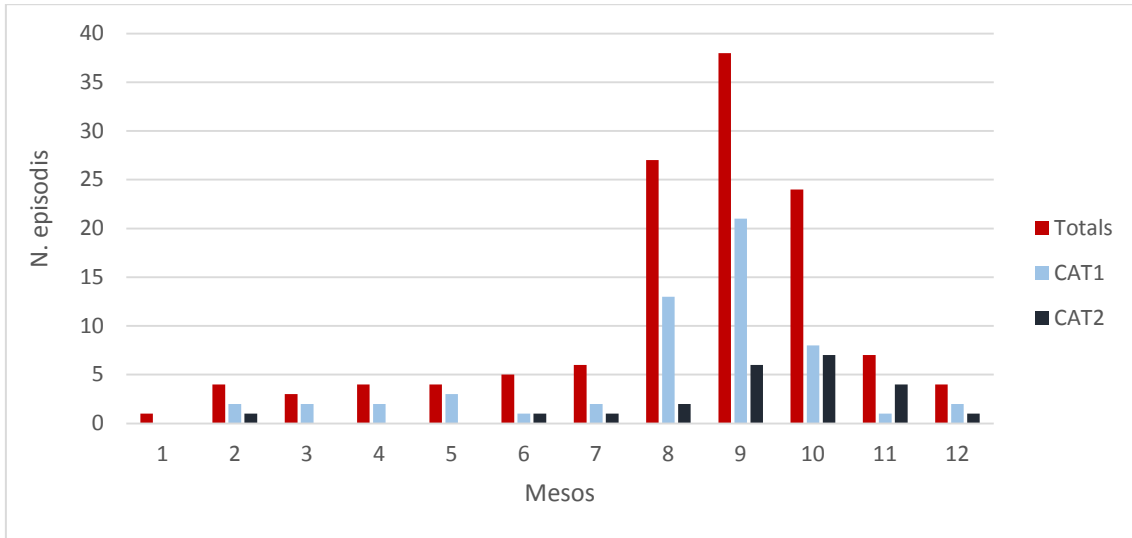


Figura 30. Distribució mensual del nombre total d'episodis d'inundacions a l'AMB i per categories extraordinàries (CAT 1) i catastròfiques (CAT 2) per al període 1900-2010 (la categoria correspon a la de l'episodi a nivell de Catalunya).

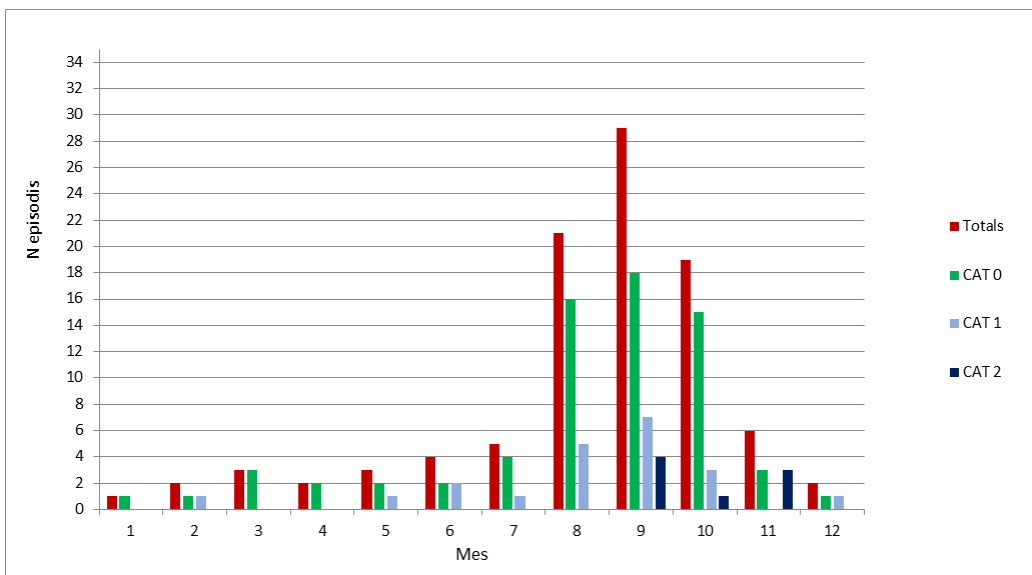


Figura 31. Distribució mensual d'episodis d'inundació a l'AMB entre 1981 i 2010 (la categoria correspon a la de l'episodi a nivell de l'AMB).

Aquesta distribució és similar a la que es troba en el període 1981-2010 (Figura 31). A l'AMB, tal com passa en el conjunt de Catalunya, es produeixen inundacions majoritàriament en els últims mesos de l'estiu i mesos de tardor. De fet agost, setembre i octubre concentren més del 70 % (71,1%) de tots els episodis. En el cas de les inundacions catastròfiques a l'AMB només s'han produït en els mesos de setembre, octubre i novembre.

S'ha analitzat l'evolució dels episodis per a cada mes. En la Figura 32 es pot veure el cas del mes de setembre en el que s'observa un increment del nombre d'episodis en el període 1981-2010, d'aquests, un 24% són extraordinaris i un 14 % catastròfics (categoria a nivell AMB). (A l'Annex II es poden consultar els resultats pels altres mesos).

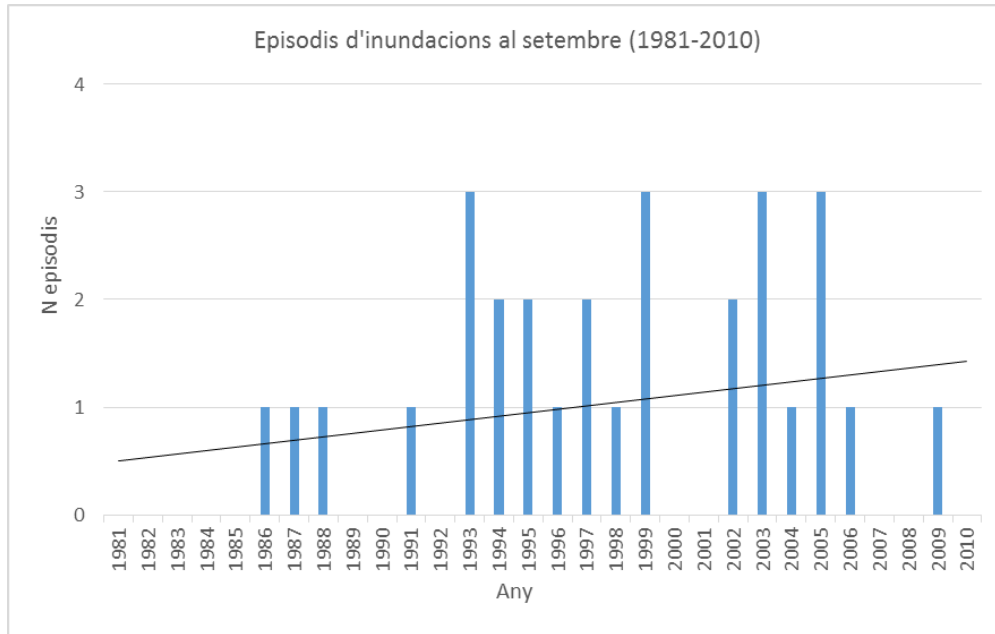


Figura 32. Evolució del nombre d'episodis corresponents al mes de setembre a l'AMB.

Si s'analitza a nivell trimestral (Figura 33) es pot observar que el primer i segon trimestre tenen un nombre baix d'episodis i que els episodis catastròfics es reparteixen en el segon i tercer trimestre. A l'Annex III es pot veure la distribució pel període 1900-2010. S'ha analitzat l'evolució del nombre d'episodis d'inundacions agrupats per trimestres i pel període 1981-2010 i no s'observen tendències significatives per a cap dels trimestres (Gener-Març, Abril-Juny, Juliol-Setembre, Octubre-Desembre).

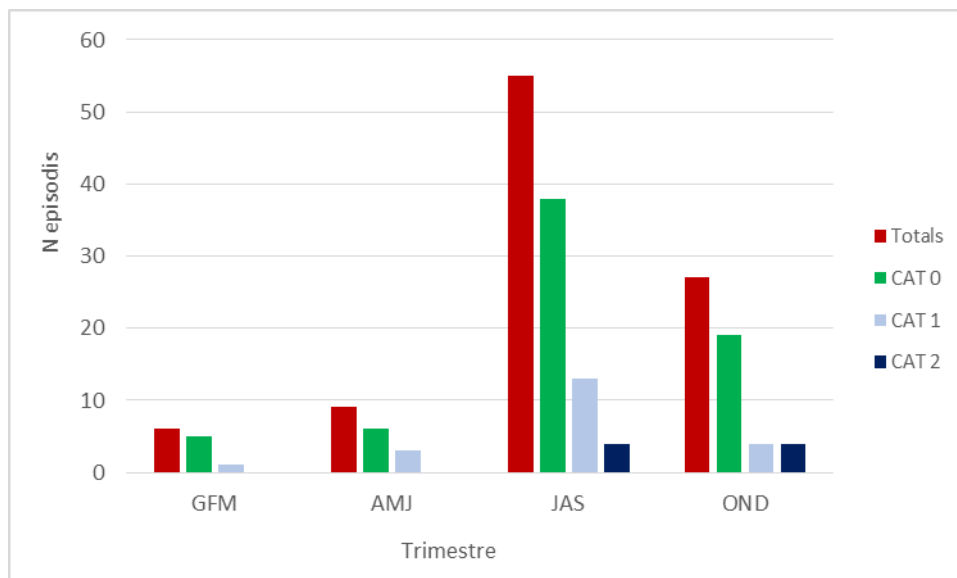


Figura 33. Distribució trimestral d'episodis que han afectat a AMB entre 1981 i 2010.

### 2.3.2.2. Distribució mensual episodis inundacions Barcelona

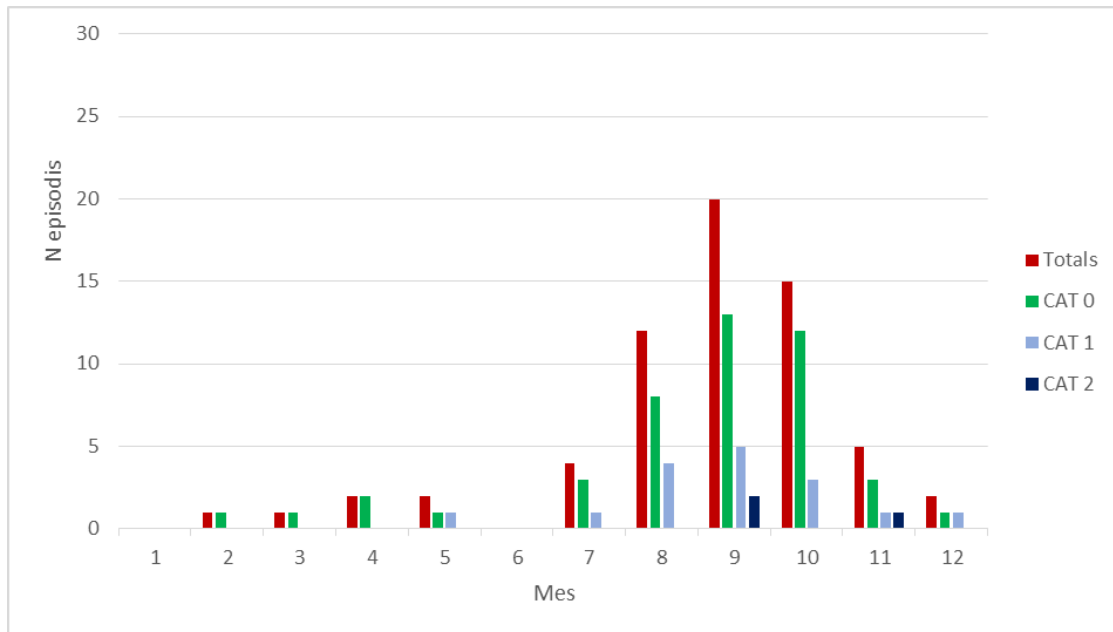


Figura 34. Distribució mensual d'episodis d'inundacions a Barcelona entre 1981 i 2010

Com es pot veure a la Figura 34, el comportament dels episodis d'inundacions a Barcelona és similar a l'observat per a tota l'AMB. La majoria d'episodis extraordinaris, més del 50 %, es concentren en el trimestre juliol-agost-setembre. De fet el 75% es produeix entre els mesos d'agost a octubre (Figura 35). Del total d'episodis que han afectat a Barcelona un 70% són de caire ordinari i un 25% extraordinaris.

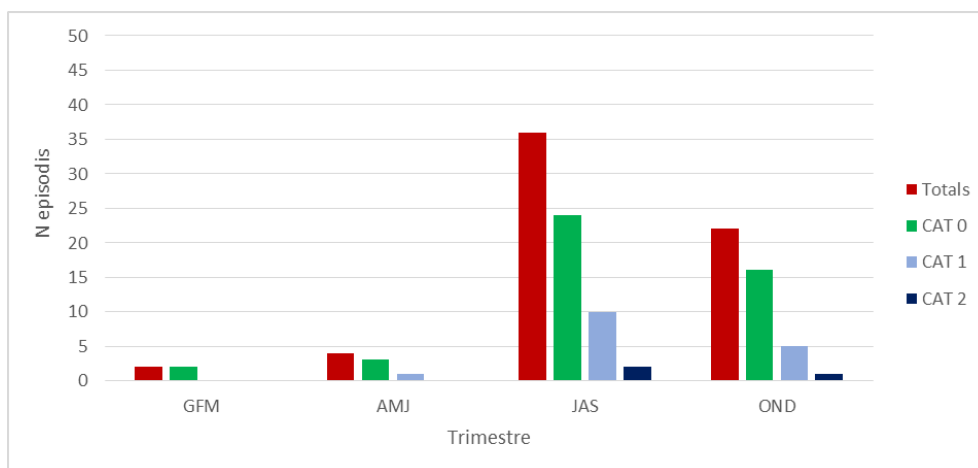


Figura 35. Distribució trimestral d'episodis que han afectat a Barcelona entre 1981 i 2010

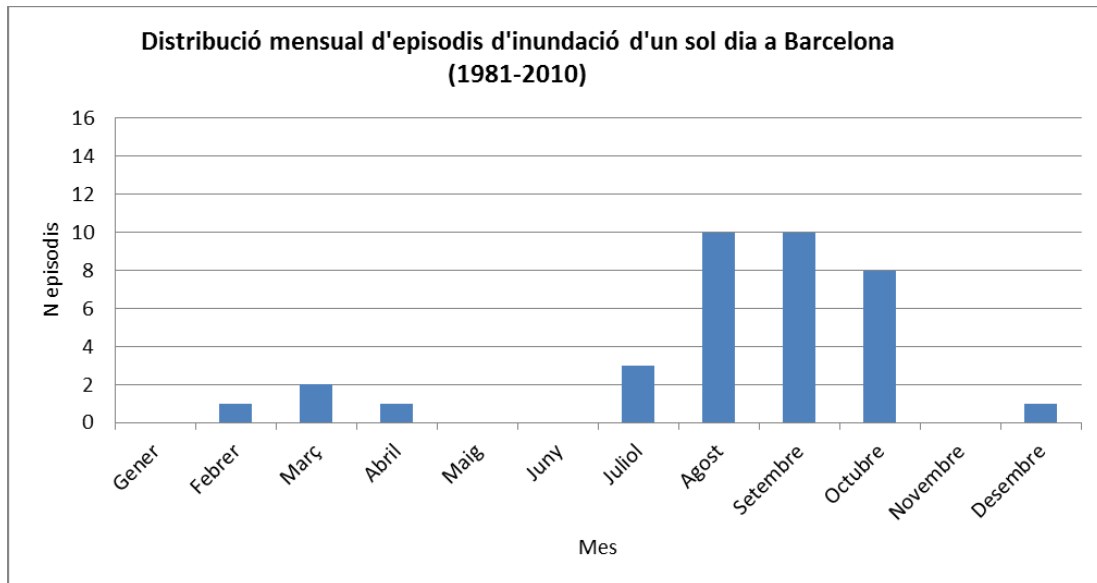


Figura 36. Distribució mensual d'episodis d'inundació d'un sol dia a Barcelona.

Si s'analitza la durada de l'episodi prenent com a referència els episodis que duren un dia o menys, agost i setembre acumulen el major nombre d'aquest tipus d'episodis (Figura 36). A l'Annex IV es pot observar la distribució mensual pels episodis d'inundacions d'un sol dia i de més d'un dia tan a Barcelona com a l'AMB sense Barcelona entre el 1981 i 2010, així com l'evolució anual en els dos casos.

### 2.3.2.3. Distribució mensual episodis inundacions Àrea Metropolitana de Barcelona sense Barcelona

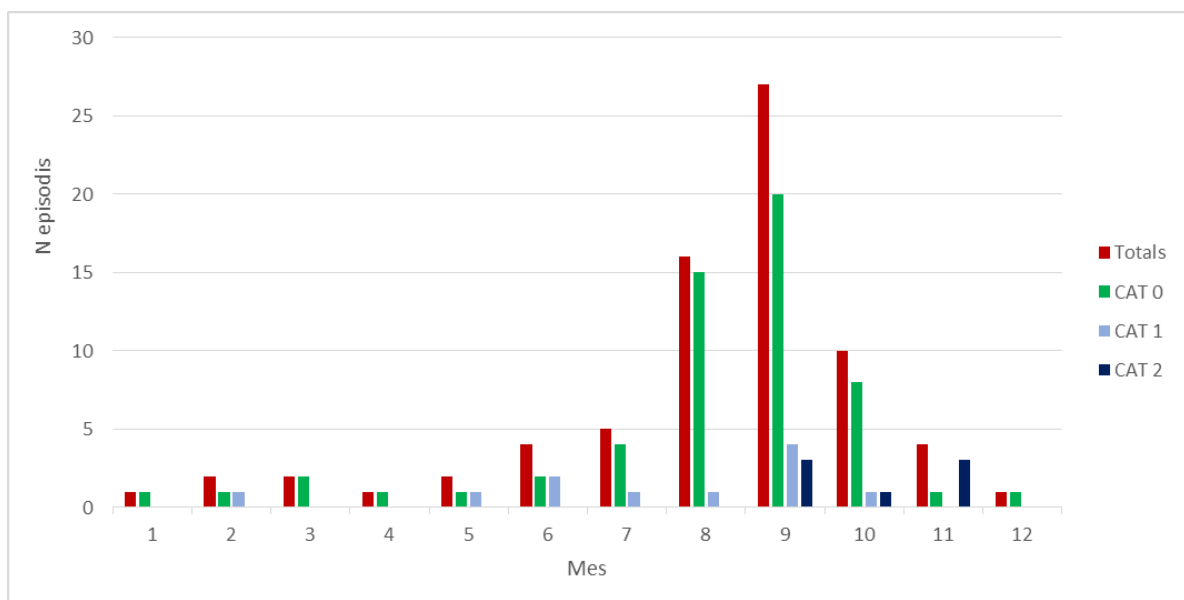


Figura 37. Distribució mensual del nombre total i per categories d'episodis d'inundació a l'Àrea Metropolitana de Barcelona sense Barcelona entre 1981 i 2010.

Si es considera l'AMB sense Barcelona, la majoria d'episodis d'importància es concentren a la tardor, sent l'agost un mes amb inundacions principalment de caire ordinari (Figura 37). Els mesos d'agost, setembre i octubre concentren més del 70 % dels episodis (Figura 38).

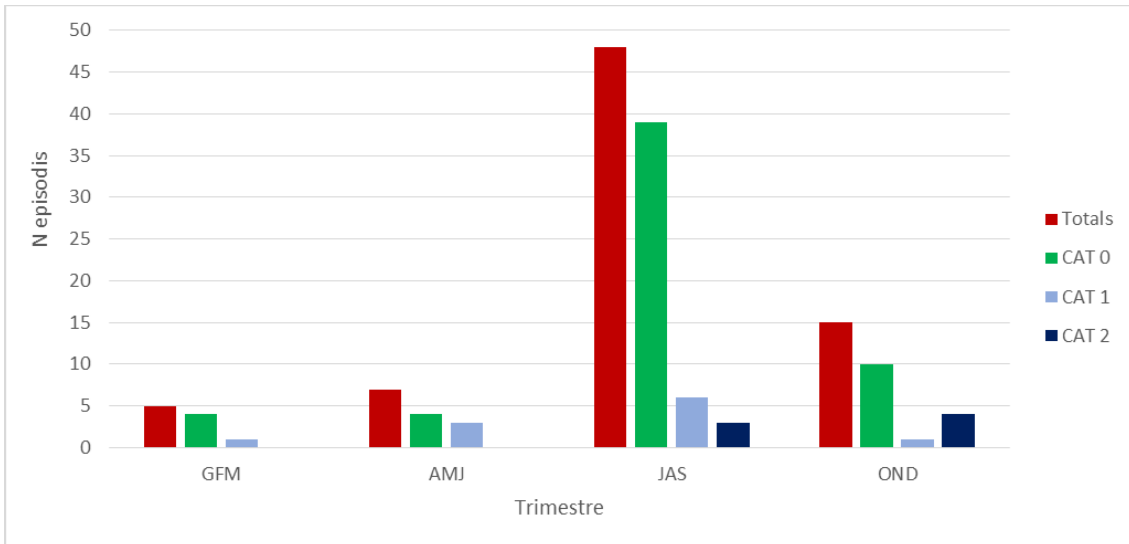


Figura 38. Distribució trimestral d'episodis que han afectat a l'Àrea Metropolitana de Barcelona sense Barcelona entre 1981 i 2010.

### 2.3.3. Indemnitzacions per inundacions pagades pel Consorci de Compensación de Seguros (CCS)

S'ha treballat amb la base de dades del *Consorci de Compensación de Seguros (CCS)* d'indemnitzacions per inundacions per al període 1996-2010 amb les quanties actualitzades a Euros de 2015. S'han calculat els totals anuals d'indemnitzacions pagades per inundacions a l'AMB. Amb aquestes dades s'ha analitzat l'evolució anual de les indemnitzacions (Figura 39).

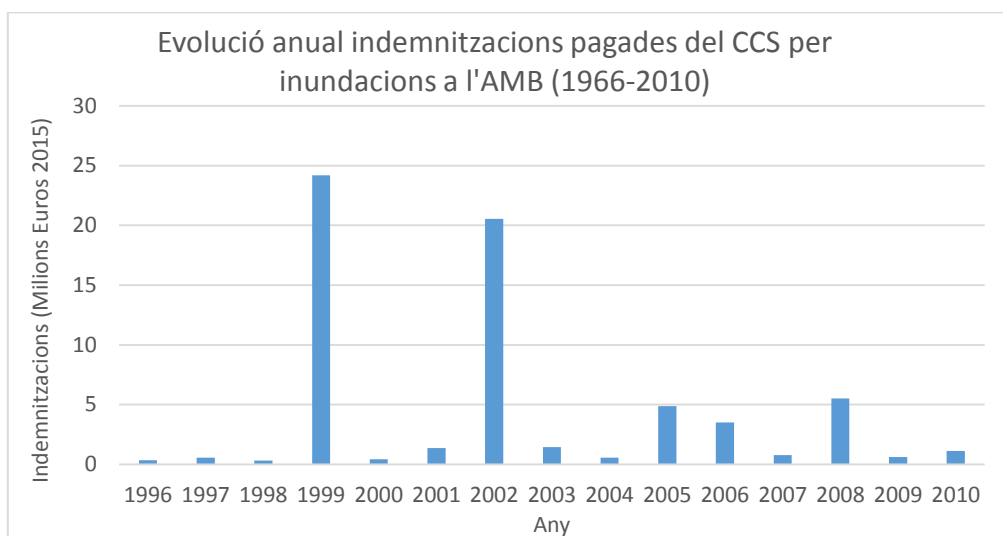


Figura 39. Quanties totals per any de les indemnitzacions del CCS associades a episodis AMB per anys 1996-2010 en Euros de 2015.

A la Figura 39 es pot observar que el 1999 és l'any que es van pagar més indemnitzacions. Durant el setembre d'aquest any van tenir lloc 3 episodis d'inundacions extraordinàries, tot i que cap va ser considerat catastròfic, dos dels 3 van afectar a zones molt poblades com és el cas de la ciutat de Barcelona, Hospitalet de Llobregat i Badalona.

S'ha calculat la distribució de les indemnitzacions totals per municipis. Tal com s'ha descrit a l'apartat 2.2.4 el municipi de Barcelona és el que més quanties acumula seguit de Montcada i Reixac, Castelldefels i Hospitalet de Llobregat (veure Annex V).

D'altra banda, s'ha estudiat l'evolució anual de les quanties pagades pel CCS a nivell municipal entre 1996 i 2010. La majoria de municipis de l'AMB presenten una tendència a la disminució de quanties pagades tot i que aquesta no és significativa. A les Figures 40, 41 i 42, es mostra l'evolució anual en el cas dels municipis de Santa Coloma de Gramenet, El Prat de Llobregat i Viladecans. A la ciutat de Barcelona l'evolució anual també mostra una tendència (no significativa) a la disminució de les quanties pagades per inundacions.

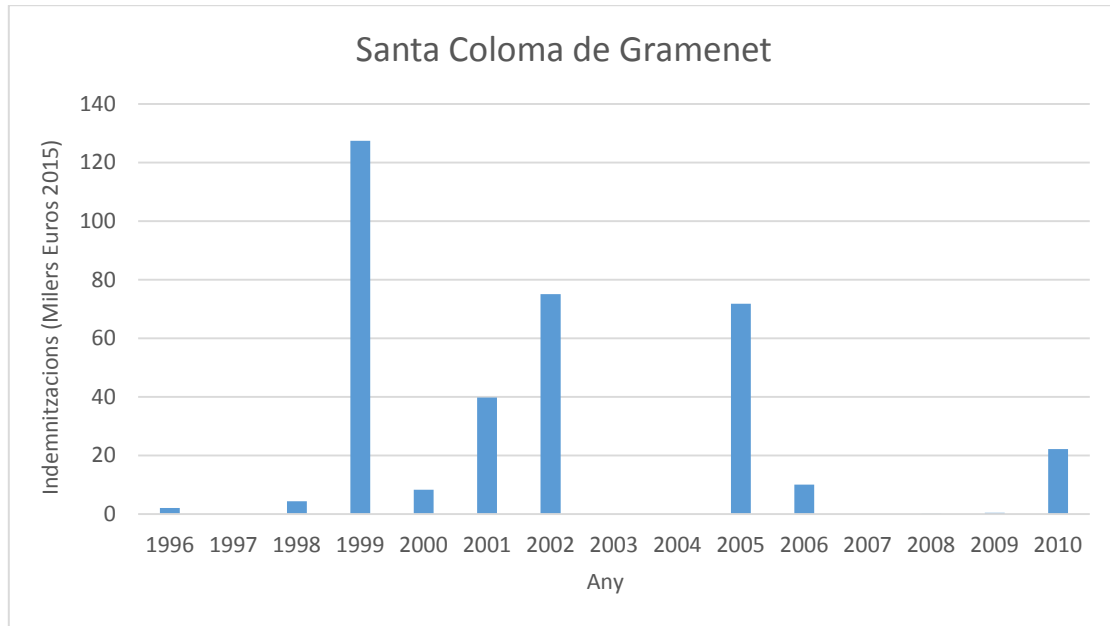


Figura 40. Evolució anual de les indemnitzacions pagades per inundacions a Santa Coloma de Gramenet.

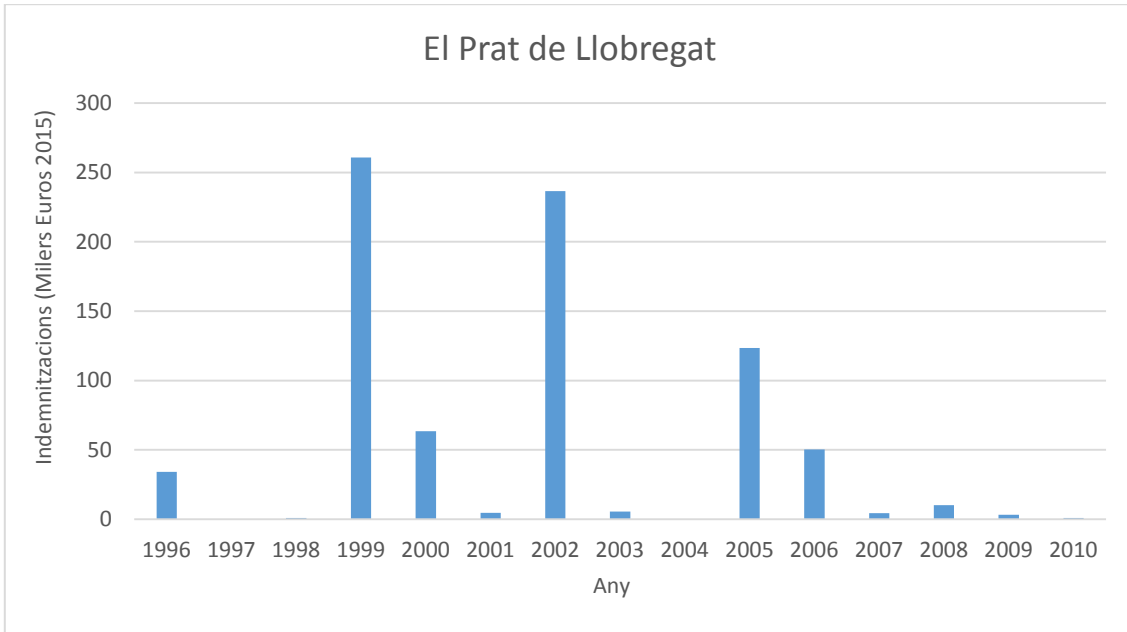


Figura 41. Evolució anual de les indemnitzacions pagades per inundacions al Prat de Llobregat.

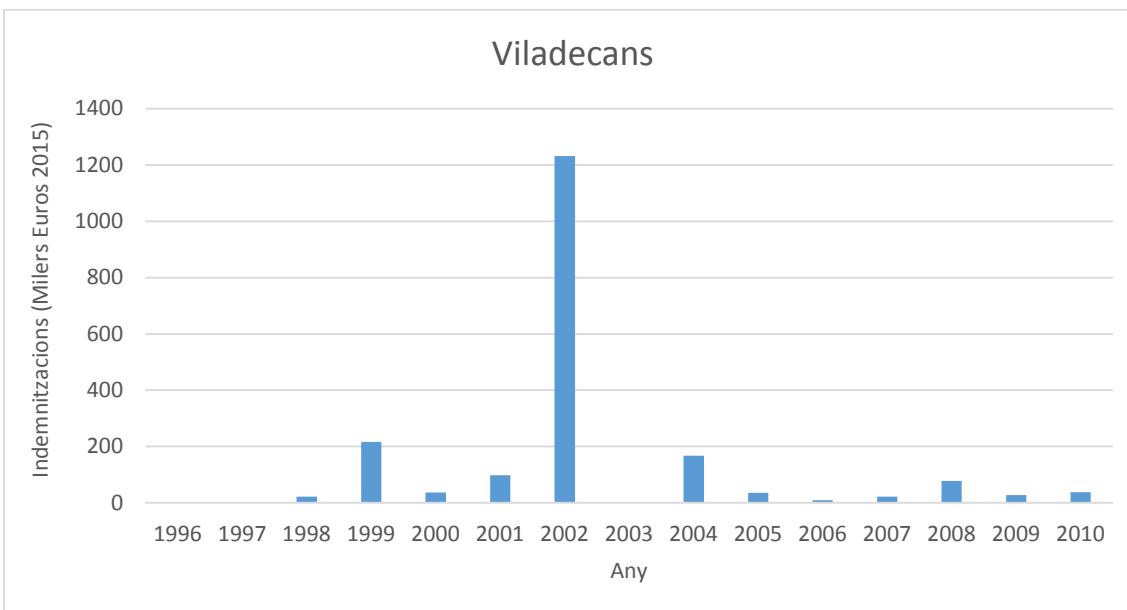


Figura 42. Evolució anual de les indemnitzacions pagades per inundacions a Viladecans.

#### 2.3.4. Nombre municipis afectats i àrea afectada

Prenent com a indicador de la superfície afectada el nombre de municipis afectats s'han calculat per tots els episodis de cada any el nombre total de municipis afectats (si un municipi ha resultat afectat més d'una vegada en un any estarà comptat tantes vegades com episodis hagi patit en aquell any). Per aquest període, s'observa una lleugera tendència a que el nombre de municipis afectats per inundacions a l'AMB disminueixi (Figura 43).

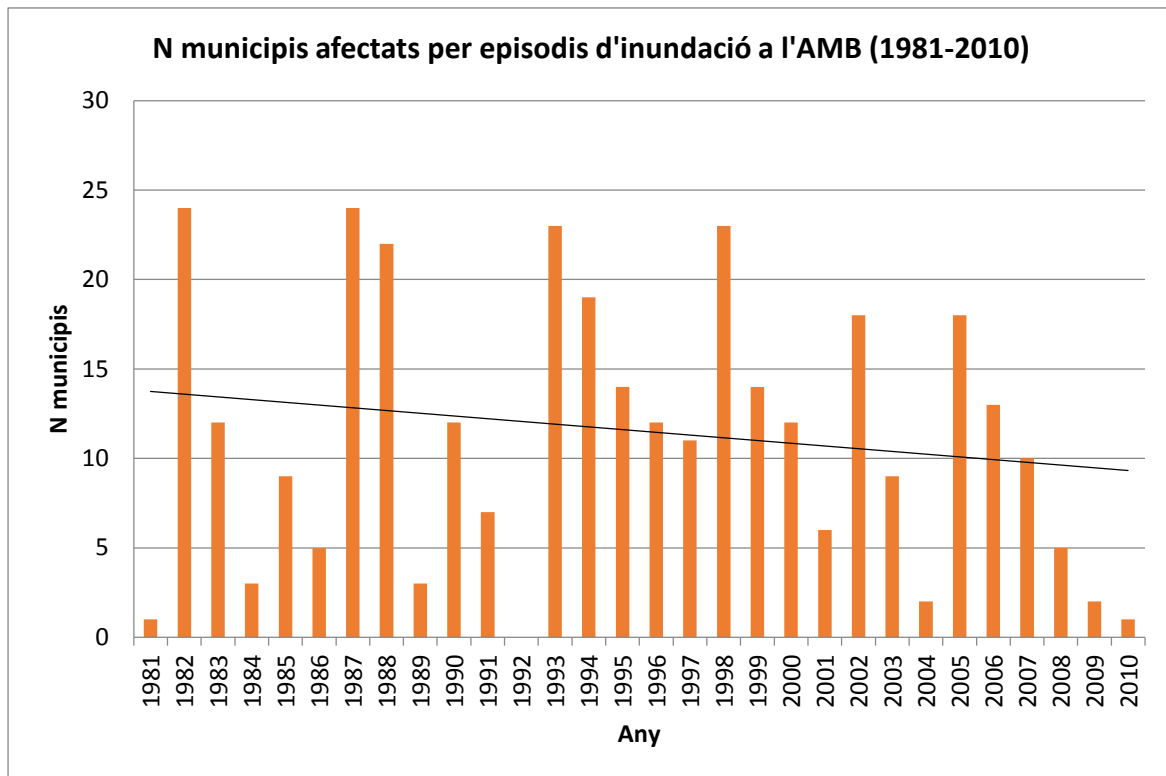


Figura 43. Nombre total de municipis de l'AMB que han estat afectats per inundacions cada any entre 1981 i 2010.

S'ha calculat l'àrea afectada per cada un dels episodis que van tenir lloc a l'AMB entre 1981 i 2010 mitjançant l'índex d'Àrea afectada (IDA, Index Damaged Area). Tal i com es mostra a l'equació 1, l'índex és la relació entre l'àrea de l'AMB afectada per l'episodi i l'àrea total de l'AMB (637,96 km<sup>2</sup>).

$$IDA = \frac{\Sigma \text{area dels municipis afectats}}{\text{area de la AMB}} \times 100$$

Eq.1

A la taula 10 es mostren els episodis que presenten un valor de IDA més gran, que corresponen a episodis que van ser catastròfics a nivell d'AMB.

Data inici episodi	Superfície afectada (Km <sup>2</sup> )	IDA (AMB)
28/09/1987	372.69	58.42
06/11/1982	309.9	48.58
06/11/1983	301.9	47.32
08/11/1988	275.89	43.25
12/09/2006	275.66	43.21

Taula 10. Episodis a l'AMB amb un valor de IDA més elevat.

### 2.3.5. Víctimes mortals

Un total d'11 persones han perdut la vida a l'AMB per inundacions entre 1981 i 2010. D'aquestes 11, 10 homes i 1 dona. 8 van ser arrossegats per l'aigua i 3 per accidents diversos (veure taula 11). La major part dels episodis que han causat víctimes a l'AMB s'han produït entre els mesos de setembre a novembre (setembre: 2, octubre: 2 i novembre: 2) tot i que un d'ells es va produir al juliol i un altre a l'agost.

Les víctimes s'han produït en 3 episodis de categoria ordinària, en un episodi de categoria extraordinària i en 4 episodis de categoria catastròfica.

Data inici episodi	Víctimes i circumstàncies
06/11/1982	1 home, arrossegat per l'aigua, Barcelona
06/11/1983	1 home, arrossegat per l'aigua, Sant Cugat del Vallès; 1 home; accident
08/10/1985	1 dona, accident, Barcelona
30/07/1987	3 homes, arrossegats per l'aigua, Esplugues de Llobregat
24/08/1993	1 home, arrossegat per l'agua, Sant Vicenç dels
21/09/1995	1 home, arrossegat per l'aigua, Barcelona
12/09/2006	1 home, arrossegat per l'aigua, L' Hospitalet de Llobregat
10/10/2010	1 home, accident, Montcada i Reixac

Taula 11. Episodis que han produït víctimes mortals a l'AMB, circumstàncies en què es va produir la mort i localització.

### 2.3.6. Nombre de notícies de premsa

S'ha analitzat per als episodis que han afectat l'AMB el nombre de notícies a la premsa que s'han publicat. Les dades s'han extret de la base de dades PRESSGAMA on hi ha recopilades totes les notícies (es consideren notícies cada una de les peces periodístiques que estan sota un titular i amb un text independent de la resta de peces) publicades per La Vanguardia sobre riscos naturals entre 1981 i 2010. A partir del llistat d'episodis que han afectat l'AMB s'han comptat les notícies relacionades amb aquest episodi. En cada un d'aquests grups de notícies es poden trobar notícies relatives a l'efecte de les inundacions a municipis de l'AMB com d'afectacions a altres localitzacions ja que no és possible separar notícies que hagin afectat exclusivament a l'AMB de la resta.

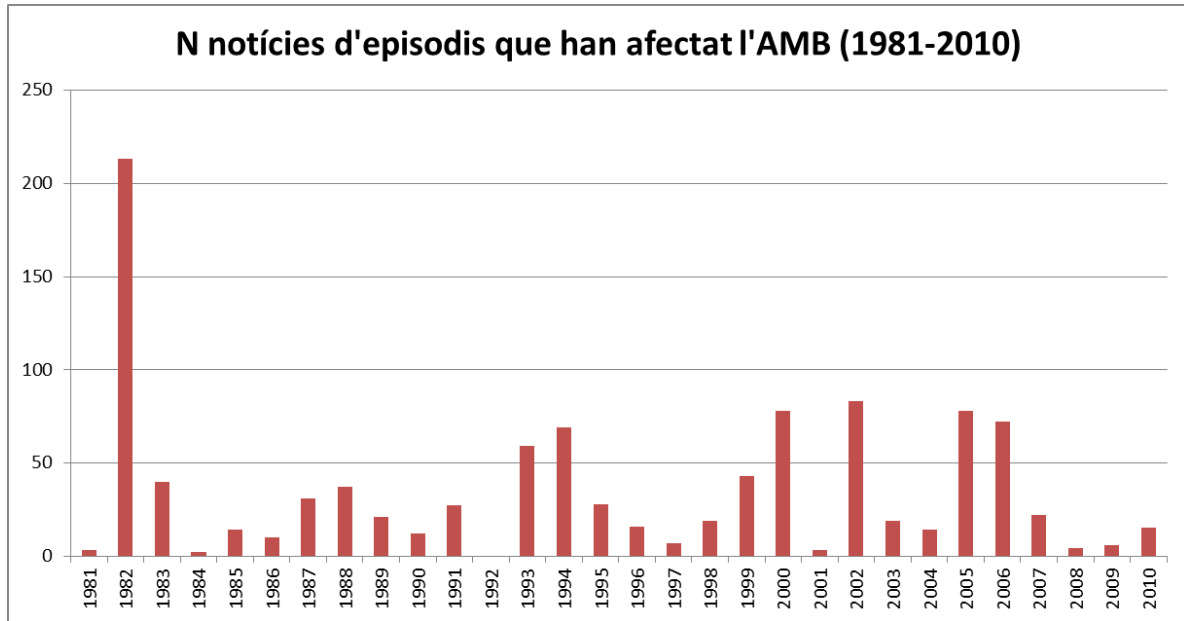


Figura 44. Evolució anual del nombre de notícies publicades a La Vanguardia sobre episodis que han afectat l'AMB.

Tal com es pot veure a la Figura 44 a nivell anual s'observa com el cas del 1982 acumula el nombre més alt de notícies (més de 200) donat el caràcter catastròfic que va tenir. La major part de notícies estan relacionades amb les conseqüències d'aquestes inundacions a la zona dels Pirineus. Si no es considera aquest episodi s'observa un increment en el nombre de notícies al llarg del període.

Si es calcula l'índex de cobertura (que és el nombre de notícies publicades/nombre d'episodis AMB) s'observa que l'any 2006 és l'any amb un valor més alt (Figura 45). Això es deu a que aquell any només hi ha un episodi, però aquest acumula més de 70 notícies. En canvi l'any 1982 i amb un valor molt elevat de notícies publicades registra 5 episodis i té un índex de 42,6 notícies/episodi. L'índex de cobertura permet avaluar de manera quantitativa la cobertura informativa dels mitjans de comunicació, en aquest cas la premsa escrita.

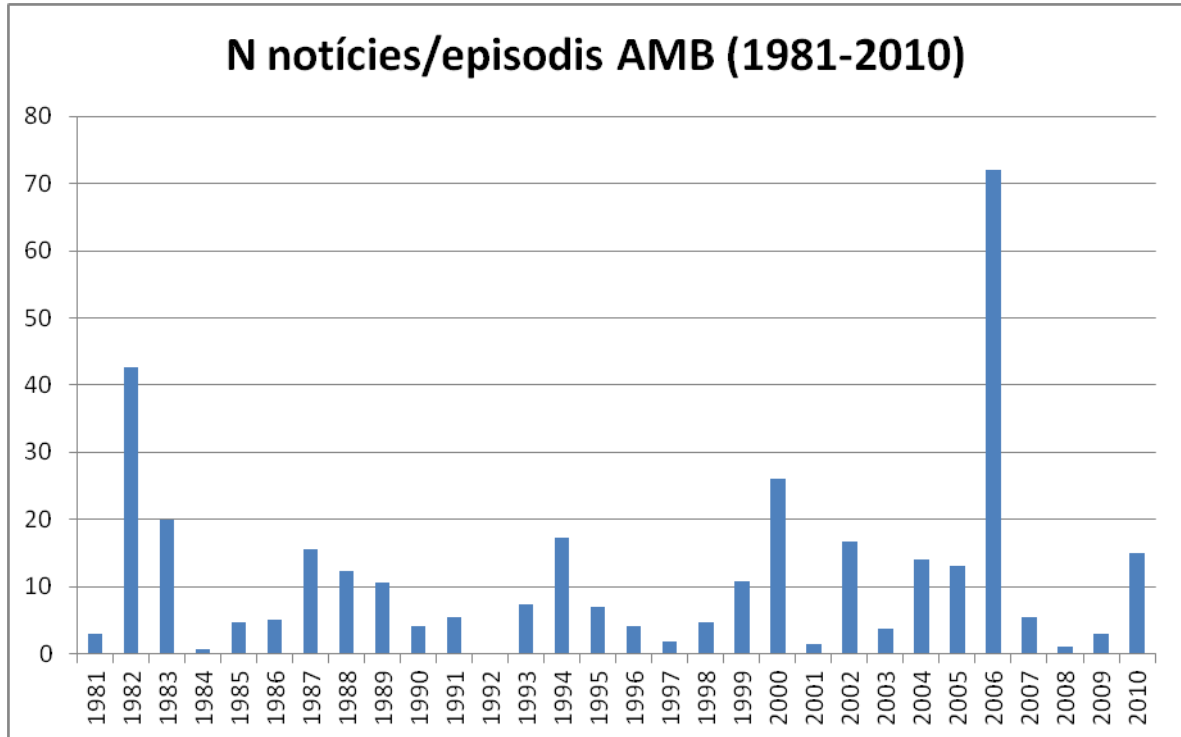


Figura 45. Evolució anual de l'índex de cobertura (nombre de notícies/episodis).

A nivell mensual el mes de novembre acumula el major nombre de notícies, un 26%, seguit d'octubre (22%) i agost i setembre, 18 i 17,8% respectivament (Figura 46). A nivell mensual, l'índex de cobertura també és molt elevat en novembre probablement degut a la influència de l'episodi de 1982.

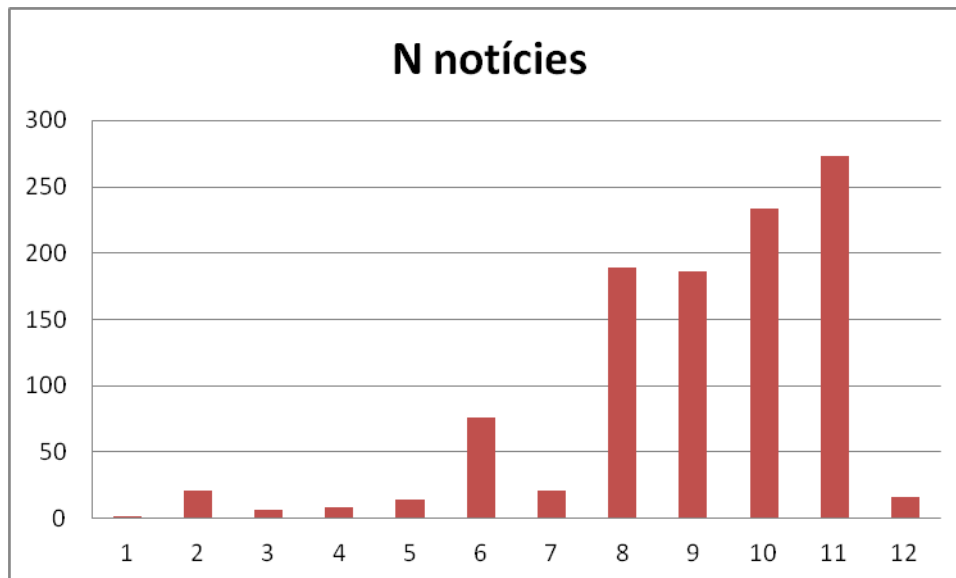


Figura 46. Distribució mensual del nombre de notícies

Si es mira la correlació del nombre de notícies amb el nombre de municipis afectats de l'AMB en cada episodi la correlació és de 0,6. El que indica que episodis extensos tenen una major cobertura informativa degut a una major disponibilitat d'informació i punts d'interès.

També s'ha calculat la correlació del nombre de notícies publicades anual amb quanties pagades aquell any pel CCS associades a episodis de l'AMB, la correlació és de 0,5. Aquest valor incrementa a 0,6 si només es compten els episodis que han afectat a la ciutat de Barcelona.

## 2.4. Anàlisi de l'evolució urbanística

### 2.4.1. Mapa de densitat de població:

L'IDESCAT ens proporciona mitjançant els cens i els padrons, dades de densitat de poblacions a nivell municipal. En aquest cas, hem pogut descarregar dades des de 1950 fins a l'actualitat. La Taula 12 mostra les densitats i la població absoluta de cada un dels municipis de l'AMB.

NOM	DENSTAT (hab/Km2)							POBLACIÓ ABSOLUTA						
	d1950	d1960	d1970	d1981	d1990	d2000	d2010	1950	1960	1970	1981	1990	2000	2010
Barberà del Vallès	400,963855	320,481928	1075,66265	3455,3012	3779,51807	3214,57831	3817,83133	3328	2660	8928	28679	31370	26681	31688
Castellbisbal	46,3225806	51,4193548	92,7419355	109,903226	152,419355	254,419355	394,290323	1436	1594	2875	3407	4725	7887	12223
Montcada i Reixac	368,340426	565,744681	955,829787	1088,59574	1153,74468	1189,44681	1432,17021	8656	13295	22462	25582	27113	27952	33656
Sant Cugat del Vallès	145,062241	246,556017	428,817427	646,970954	815,684647	1092,40664	1695,95436	6992	11884	20669	31184	39316	52654	81745
Badia del Vallès														
Cerdanyola del Vallès	130,947712	210,947712	651,797386	1672,32026	1846,30719	1724,77124	1908,72549	4007	6455	19945	51173	56497	52778	58407
Ripolllet	868,837209	1223,72093	4696,97674	6048,60465	6225,81395	6948,13953	8639,76744	3736	5262	20197	26009	26771	29877	37151
Tiana	199,5	274,75	326	378,125	572,25	707,875	971,75	1596	2198	2608	3025	4578	5663	7774
Badalona	2908,20755	4351,74528	7683,39623	10742,6415	10622,9717	9855,84906	10324,8113	61654	92257	162888	227744	225207	208944	218886
Mongat	1003,7931	1285,51724	1731,03448	2450,68966	2538,96552	2863,7931	3649,65517	2911	3728	5020	7107	7363	8305	10584
Santa Coloma de Gramanet	2183	4653,71429	15244,4286	20084	19355,1429	16732,4286	17151,4286	15281	32590	106711	140588	135486	117127	120068
Sant Andreu de la Barca	161,090909	277,090909	885,454545	2379,09091	2800,90909	3661,81818	4851,27273	886	1524	4870	13085	15405	20140	26682
Papiol (el)	128,777778	226,222222	291,111111	351,777778	354	384,888889	437,444444	1159	2036	2620	3166	3186	3464	3937
Corbera de Llobregat	63,260896	75,923913	96,4130435	160,76087	271,521739	494,021739	760,869565	1164	1397	1774	2958	4996	9090	14000
Molins de Rei	504,336895	640,540541	908,610937	1149,96857	1162,7907	1239,66059	1523,31867	8024	10191	14456	18296	18500	19723	24236
Pallejà	128,313253	268,674699	491,686747	685,783133	762,771084	874,457831	1356,98795	1065	2230	4081	5692	6331	7258	11263
Sant Adrià del Besòs	2691,31579	4158,15789	6434,73684	9487,36842	9139,21053	8540	8974,73684	10227	15801	24452	36052	34729	32452	34104
Palma de Cervelló (la)														
Sant Feliu de Llobregat	620,932203	864,491525	1843,30508	3207,54237	3205,33898	3257,20239	3688,81356	7327	10201	21751	37849	37823	38435	43528
Cervelló	58,6721992	73,0290456	97,0124481	145,767635	219,045643	251,618257	355,435685	1414	1760	2338	3513	5279	6064	8566
Sant Vicenç dels Horts	362,087912	631,868132	1594,3956	2195,05495	2319,45055	2685,49451	3079,56044	3295	5750	14509	19975	21107	24438	28024
Sant Just Desvern	375,769231	820,641026	1182,82051	1411,79487	1577,05128	1798,71795	2041,41026	2931	6401	9226	11012	12301	14030	15923
Barcelona	12625,0394	15363,5404	17210,4734	17306,7061	16837,14	14756,075	15969,7929	1280179	1557863	1745142	1754900	1707286	1496266	1619337
Esplugues de Llobregat	938,699652	2694,13043	6407,3913	9983,91304	10663,913	9927,82609	10141,087	4318	12393	29474	43834	49034	45668	46649
Santa Coloma de Cervelló	163,6	210,933333	259,2	336	385,866667	625,466667	1046	1227	1582	1944	2520	2894	4691	7845
Hospitalet de Llobregat (l')	5772,58065	9904,27419	19514,3548	23712,3387	22274,0323	19498,5484	20650,4032	71580	122813	241978	294033	276198	241782	296065
Sant Joan Despi	366,774194	769,516129	2589,51613	4079,35484	3997,09677	4455,96774	5215,80645	2274	4771	16055	25292	24782	27627	32338
Torrelles de Llobregat	53,8235294	54,4117647	64,1176471	108,014706	160,220588	262,794118	386,944118	732	740	872	1469	2179	3574	5257
Cornellà de Llobregat	1639	3530,57143	11044,8571	12993,7143	12326,7143	11571,1429	12462,8571	11473	24714	77314	90956	86287	80998	87240
Sant Boi de Llobregat	502,837209	928,744186	2327,95349	3467,44186	3668,93023	3690,09302	3833,06977	10811	19968	50051	74550	78882	79337	82411
Sant Climent de Llobregat	91,7592593	118,611111	182,037037	152,592593	206,944444	273,148148	353,611111	991	1281	1966	2080	2235	2950	3819
Begues	19,2063492	20,6944444	27,8373016	26,25	38,0952381	83,1150794	125,952381	968	1043	1403	1323	1920	4189	6348
Prat de Llobregat (el)	331,242038	450,031847	1158,05732	1515,25478	2078,8535	2004,96815	2020,19108	10401	14131	36363	60139	65276	62956	63434
Viladecans	210,490196	368,039216	1200,14706	2118,72549	2353,82353	2750,58824	3141,02941	4294	7508	24483	43222	48018	56112	64077
Gavà	222,727273	510,551948	786,136364	1086,23377	1168,50649	1273,37662	1505,94156	6860	15725	24213	33456	35990	39220	46383
Castelldefels	158,062016	303,875969	1024,72868	1903,79845	2486,82171	3495,42636	4825,5814	2039	3920	13219	24559	32080	45091	62250

Taula 12. Densitat de població i població absoluta per municipis de l'AMB. Font: IDESCAT.

Disposem de la població absoluta i de la densitat de població des de 1950 (al 1956 hi ha la primera edició del MCSC). D'aquesta manera podem observar ja sigui en xifres o a partir de la cartografia obtinguda, el creixement urbanístic que ha experimentat l'AMB al llarg dels últims 60 anys. En general observem com durant la dècada dels 70 i 80 les densitats de població augmenten degut al procés d'industrialització. Barcelona d'altra banda és el municipi que no segueix la mateixa dinàmica de creixement constant, sinó que experimenta el seu màxim als 80 i després davalla lleugerament. Aquest saldo migratori negatiu o èxode barcelonès es reparteix als pobles i ciutats més petites circumdants de l'AMB i el Vallès que sempre han anat experimentant un creixement.

### 3. APROXIMACIÓ “TOP-DOWN”: EVOLUCIÓ PRECIPITACIÓ

#### 3.1. Anàlisi de l'evolució de la precipitació “extrema” i de la intensitat de precipitació

##### 3.1.1. La pluja convectiva: El paràmetre $\beta$

La concentració d'episodis d'inundació en els mesos de tardor coincideix amb la distribució d'episodis convectius (Llasat, 2001; Llasat et al, 2007).

Per a mesurar la contribució de la precipitació convectiva, associada a intensitats més elavdes, respecte la precipitació totals'utilitza el paràmetre Beta. Aquest paràmetre serveix per conèixer la proporció de pluja convectiva respecte la total caiguda durant un període de temps concret (episodi, dia, mes, any...). El valor llindar per discernir el caràcter convectiu de la precipitació s'estableix a una intensitat de 1 mm/min o 35 mm/h i ha estat corroborat a través d'informació de radar (Llasat et al., 2007). L'equació (2) ens mostra l'expressió que ens permet calcular aquest paràmetre,

$$\beta_{L, \Delta T} = \frac{\sum_i I(t_i, t_i + \Delta T) \theta(I-L)}{\sum_i I(t_i, t_i + \Delta T)} \quad \text{Eq. 2}$$

En la qual:

$\Delta T$  correspon a la precipitació acumulada durant l'interval de temps  $\Delta T$ , expressat en minuts.

$N$  és el nombre total de passos  $\Delta T$  d'integració en el qual l'episodi es subdivideix.

$I(t_i, t_i + \Delta t)$  és la precipitació mesurada entre  $t_i$  i  $t_i + \Delta t$  dividida per  $\Delta t$ , això és, la intensitat mitjana per un interval donat expressada en mm/min o mm/h.

$\theta(I-L)$  és la funció de Heaviside definida com,

$$\theta(I-L) = 1 \text{ si } I \geq L$$

$$\theta(I-L) = 0 \text{ si } I < L$$

On  $L=1$  mm/min quan  $\Delta T=1$  min, i  $L=35$  mm/min quan  $\Delta T=5$  min.

En funció de la contribució de la pluja convectiva a la quantitat de precipitació total, el valor de la  $\beta$  permet classificar l'interval de temps considerat en quatre categories (Llasat, 2001),

0.  $\beta=0$  no convectiu
1.  $0 < \beta < 0.3$  lleugerament convectiu
2.  $0.3 < \beta < 0.8$  moderadament convectiu
3.  $0.8 < \beta < 1.0$  fortament convectiu

La sèrie d'intensitat de pluja de Barcelona indica que el 18% de la precipitació anual a la ciutat és de caràcter convectiu. A més, la comparació de la sèrie d'inundacions catastròfiques

registrades a l'AMB entre el 1996-2011 amb la del paràmetre  $\beta$  anual per a Barcelona mostra una correlació de 0.41 (significativitat del 95%). Així doncs, aquest paràmetre pot ésser una bona eina per caracteritzar episodis d'inundació. Les inundacions sobtades, per exemple, s'associen a episodis de precipitació fortament convectius ( $\beta > 0.8$ ) i, normalment, van lligades a situacions d'inestabilitat local que donen lloc a cèl·lules convectives individuals molt actives o bé a cèl·lules múltiples d'extensió limitada (Rigo and Llasat, 2004).

Terrassa, com estació pròxima a l'AMB, presenta una tendència positiva en el nombre de dies convectius anuals, tal i com es pot observar a la Figura 47. També mostra un increment la quantitat de precipitació caiguda a una intensitat per sobre de 35 mm/min (precipitació convectiva) En aquest sentit trobem una tendència positiva en els episodis fortament convectius ( $\beta > 0.8$ ).

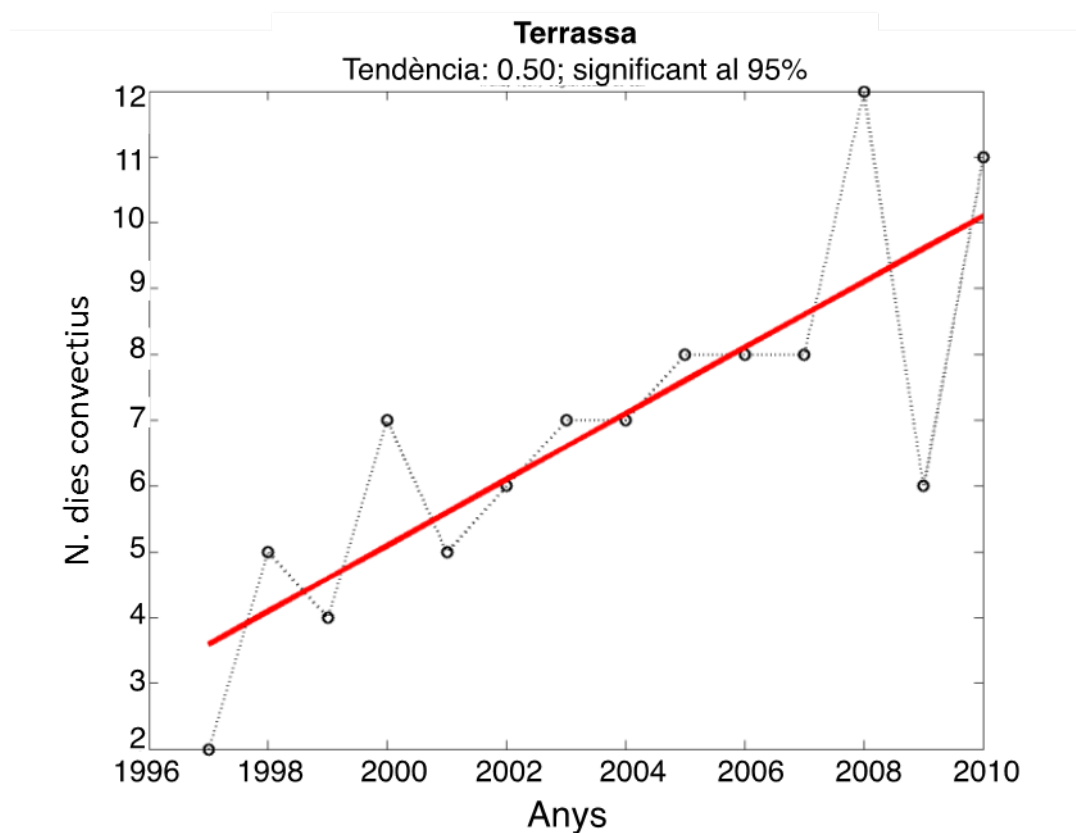


Figura 47. Tendència del nombre de dies convectius anuals.

### 3.1.2. Climatologia de la precipitació. Períodes de retorn

A la figura 48 podem veure exemplificat com s'han extret les mitjanes a partir dels mapes d'isolínies que va realitzar l'SMC per calcular les precipitacions màximes diàries associades a diferents períodes de retorn a Catalunya (2005). A partir d'aquí es baixa d'escala i s'extreu la mitjana de cada municipi, seguint un procés molt similar al del càlcul de la permeabilitat del sòl municipal.

A continuació podem observar mitjançant un exemple els períodes de 10 i 500 anys i les seves diferències. A grans trets la zona de la serra de Collserola i l'Ordal són les que registren més precipitació. En canvi els municipis del sud més costaners són els que registren precipitacions més febles.

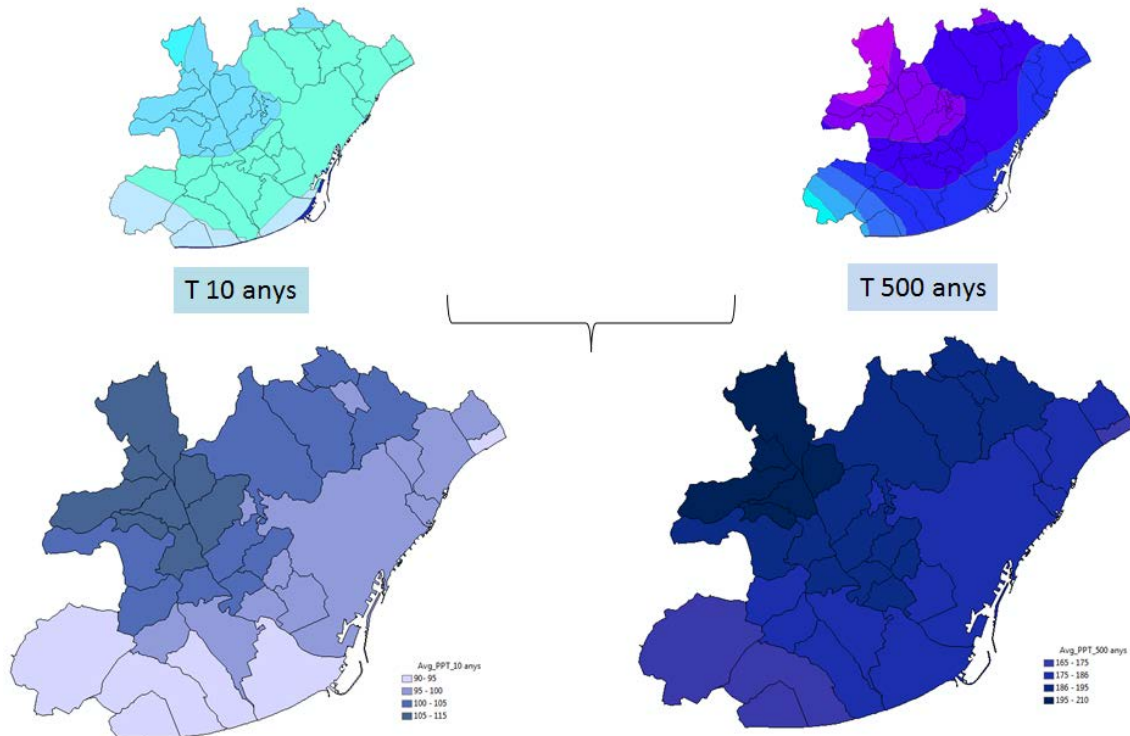


Figura 48. Exemple de com transformar format vectorial d'isolínies a mitjanes municipals.

Al tenir els mapes de permeabilitat amb els coeficients i una climatologia de la precipitació associada a períodes de retorn, ja podem calcular les escorrenties superficials per cada municipi i per cada període de reton.

Tot seguit s'adjunten dues taules (13 i 14) amb tots els promitjos. La primera fa referència als coeficients d'escolament mitjans i a la precipitació (PPT) i la segona és el producte, per tant, l'escorrentia superficial. Cada un d'aquests valors es pot representar en un mapa.



NOM MUNI	ESCORRENTIA (mm) MCSC-Vol										ESCORRENTIA (mm) MCSC-I										ESCORRENTIA (mm) MCSC-II										ESCORRENTIA (mm) MCSC-III										ESCORRENTIA (mm) MCSC-IV									
	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500									
Barberà del Vallès	24	36	45	60	72	85	120	38	55	68	90	106	124	163	39	57	71	93	109	128	167	41	60	74	98	114	134	173	41	60	74	98	114	134	173	41	60	74	98	114	134	173								
Castellbisbal	24	36	46	59	73	86	125	30	44	56	71	87	102	142	30	43	55	70	86	101	141	31	45	58	74	90	106	146	31	45	58	74	90	106	146	31	45	58	74	90	105	146								
Montcada i Reixac	24	34	45	58	70	83	118	30	42	55	70	84	99	135	29	40	53	68	81	96	132	30	42	54	70	83	98	134	30	42	55	71	84	100	136	30	42	55	71	84	100	136								
Sant Cugat del Vallès	24	36	45	58	72	83	121	29	43	53	69	85	97	136	29	43	53	69	85	97	136	31	46	56	72	89	102	142	31	46	57	73	90	102	142	31	46	57	73	90	102	142								
Badla del Vallès	20	33	42	56	66	80	115	33	52	64	85	97	117	155	31	50	62	82	93	114	151	29	44	54	70	83	98	134	28	44	55	70	84	99	135	28	44	55	70	84	99	135								
Cerdanyola del Vallès	21	35	43	56	68	80	115	26	42	52	67	80	95	130	26	42	52	67	80	95	130	26	42	52	67	80	95	130	26	42	52	67	80	95	130	26	42	52	67	80	95	130								
Ripolllet	24	39	46	62	75	88	124	33	53	62	83	98	115	153	35	55	65	87	102	120	158	38	61	71	94	111	130	169	39	62	72	96	113	132	171	39	62	72	96	113	132	171								
Tiana	22	31	42	52	64	76	110	24	35	46	57	69	83	118	24	35	46	57	69	83	118	24	35	46	57	69	83	118	24	35	46	57	69	83	118	24	35	46	57	69	83	118								
Badalona	25	36	48	59	75	86	120	34	48	63	78	96	110	147	33	47	62	76	94	108	145	34	48	63	78	96	110	147	34	48	63	78	96	110	147	34	48	63	78	96	110	147								
Mongat	24	34	43	56	68	78	112	30	42	53	69	83	95	130	29	42	52	68	81	93	128	31	44	55	71	85	98	133	32	45	57	74	88	100	136	32	45	57	74	88	100	136								
Santa Coloma de Gramanet	28	40	52	68	81	96	132	34	48	63	81	96	114	151	34	48	63	81	96	114	151	34	48	63	81	96	114	151	34	48	63	81	96	114	151	34	48	63	81	96	114	151								
Sant Andreu de la Barca	25	37	48	60	73	88	124	38	55	70	88	103	124	163	38	55	70	88	103	124	162	41	59	75	95	111	133	172	42	60	76	96	112	135	174	42	60	76	96	112	135	174								
Papiol (el)	23	34	45	58	69	85	120	27	41	53	67	80	98	133	27	40	52	67	79	97	133	29	43	55	71	84	102	139	29	43	56	71	84	103	139	29	43	56	71	84	103	139								
Corbera de Llobregat	23	35	43	58	69	82	120	29	43	52	70	83	98	137	29	43	52	70	83	98	138	32	46	56	75	88	104	144	32	46	56	75	88	104	145	32	46	56	75	88	104	145								
Molins de Rei	23	35	45	58	70	83	118	26	38	50	64	76	90	126	26	39	50	64	76	91	126	26	40	51	66	78	93	128	26	39	51	65	77	92	127	26	39	51	65	77	92	127								
Pallejà	24	36	44	59	71	84	122	30	44	54	72	85	100	140	31	45	55	74	87	102	142	32	47	57	76	90	106	146	33	48	58	77	91	107	148	33	48	58	77	91	107	148								
Sant Adrià del Besòs	25	36	48	60	72	85	119	41	58	76	93	111	130	170	37	53	69	85	101	119	156	40	56	74	91	107	126	164	40	57	75	91	108	127	165	40	57	75	91	108	127	165								
Palma de Cervelló (la)	24	35	43	56	70	83	121	25	37	46	59	73	87	125	26	39	47	61	75	90	128	28	41	51	65	80	95	134	29	42	51	66	81	96	135	29	42	51	66	81	96	135								
Sant Feliu de Llobregat	22	36	45	60	70	85	120	27	43	53	71	81	99	136	27	44	54	72	82	101	137	28	45	55	73	84	103	139	27	44	54	72	83	101	137	27	44	54	72	83	101	137								
Cervelló	21	34	40	55	66	81	113	24	38	44	60	72	88	121	24	39	45	61	73	90	122	26	41	47	64	76	94	126	26	42	49	66	78	95	128	26	42	49	66	78	95	128								
Sant Vicenç dels Horts	24	35	46	59	71	84	119	33	49	63	80	94	111	148	34	50	64	81	96	113	150	36	53	69	87	102	120	158	36	53	68	86	102	119	157	36	53	68	86	102	119	157								
Sant Just Desvern	23	37	46	59	71	87	123	29	46	57	73	87	106	143	28	46	56	72	86	105	142	28	46	56	72	86	105	142	29	46	57	73	87	106	143	29	46	57	73	87	106	143								
Barcelona	31	46	59	75	89	109	145	38	57	73	91	107	131	169	36	54	69	87	103	125	163	37	56	71	90	106	129	167	37	56	72	90	106	129	167	37	56	72	90	106	129	167								
Espalguers de Llobregat	25	38	48	65	77	91	127	39	59	73	97	114	133	173	37	56	69	92	108	127	166	37	56	70	93	109	128	167	39	58	72	96	113	132	172	39	58	72	96	113	132	172								
Santa Coloma de Cervelló	21	34	43	55	67	81	116	24	39	49	63	75	92	128	25	40	50	64	77	94	130	26	41	51	66	79	96	132	26	42	52	67	80	97	133	26	42	52	67	80	97	133								
Hospitalet de Llobregat (I)	29	44	54	70	84	99	135	41	61	76	97	114	134	173	41	61	75	96	113	133	172	42	63	79	100	118	138	179	43	64	79	100	118	139	179	43	64	79	100	118	139	179								
Sant Joan Despí	23	37	46	59	72	84	123	31	50	62	79	93	110	151	32	51	62	79	94	110	151	34	54	66	84	100	117	159	34	54	66	84	100	117	159	34	54	66	84	100	117	159								
Torrelles de Llobregat	20	31	41	53	62	77	108	22	34	44	57	66	82	114	23	35	46	59	69	85	117	23	35	46	59	68	85	116	23	36	47	61	70	87	119	23	36	47	61	70	87	119								
Cornella de Llobregat	26	40	50	64	80	94	130	36	54	68	86	106	124	163	36	55	68	87	106	124	163	39	59	73	93	114	134	173	39	59	73	93	114	133	172	39	59	73	93	114	133	172								
Sant Boi de Llobregat	20	34	43	57	67	79	114	25	42	52	70	81	96	132	26	43	53	71	82	97	132	28	46	57	76	87	103	140	28	46	57	76	88	103	140	28	46	57	76	88	103	140								
Sant Climent de Llobregat	20	31	40	52	63	75	109	21	32	40	52	63	76	110	21	32	40	53	64	77	111	20	31	37	50	60	71	101	21	32	40	52	63	76	110	21	32	40	52	63	76	110								
Begues	18	29	35	47	57	67	96	19	30	36	48	59	69	99	19	31	37	49	60	70	100	20	31	37	50	60	71	101	20	31	37	50	61	71	101	20	31	37	50	61	71	101								
Prat de Llobregat (el)	20	31	39	51	65	74	109	24	37	47	61	77	88	125	25	38	48	62	78	89	125	29	44	56	72	89	101	139	30	46	58	75	92	105	143	30	46	58	75	92	105	143								
Viladecans	19	29	37	49	62	71	106	23	36	44	58	73	83	119	23	37	45	60	75	85	121	24	37	46	60	75	86	122	25	38	47	62	78	89	125	25	38	47	62	78	89	125								
Gavà	21	30	38	50	59	71	101	24	34	43	57	66	79	110	25	35	45	58	68	81	112	25	36	45	60	69	83	114	25	37	46	60	70	84	115	25	37	46	60	70	84	115								
Castelldefels	23	33	39	52	63	73	102	30	43	51	67	80	92	123	32	45	53	70	84	96	127	33	47	56	73	87	100	131	34	48	56	74	88	101	132	34	48	56	74	88	101	132								
AMB	23	35	45	58	70	83	118	30	45	56	72	86	102	139	30	45	56	72	86	102	138	31	47	59	76	90	107	144	32	47	59	77	91	108	145	32	47													

### 3.1.3. Extremes de precipitació

#### Dades i mètodes

Per aquest estudi fem les sèries observacionals de dues estacions representatives de Barcelona: l'Observatori Fabra i l'Aeroport, a més de la sèrie reconstruïda oficial de Barcelona, pel Servei Meteorològic de Catalunya. Les dos primeres sèries són d'accés públic a l'adreça <http://climexp.knmi.nl/>. A la taula 15 podem veure els trets més representatius d'aquestes dues estacions.

Nom de l'estació	Coordenades (lat, lon, elevació)	Variable	Períodes analitzats
Aeroport	41.29N, 2.07E, 4.0m	Precipitació diària	1940-2010 1981-2010
Fabra	41.42N, 2.12E, 412.0m	Precipitació diària	1914-2010 1981-2010
BCN	Reconstrucció varies estacions	Precipitació diària	1985-2010 1981-2010

Taula 15. Característiques de les estacions de les quals en aquest informe s'han estudiat les sèries de precipitació.

En primer lloc hem calculat, per a cada estació, 4 índexs de precipitació extrema a escala anual:

1. PRCPTOT (mm), precipitació total en dies de pluja (precipitació total  $\geq 1$ mm)
2. SDII (mm d<sup>-1</sup>), precipitació mitjana per dia (Índex Simple d'Intensitat Diària)
3. RX1DAY (mm d<sup>-1</sup>), precipitació màxima en un dia
4. RX5DAY (mm 5d<sup>-1</sup>), precipitació màxima acumulada durant un període de 5 dies.

En segon lloc hem analitzat les tendències d'aquests índexs per a totes les estacions i els períodes establerts a la Taula 15. La significativitat de la tendència s'ha estimat a través d'un test de Montecarlo implementat per Turco i Llasat (2011). Aquest mètode parteix de la descomposició de les sèries de precipitació en una tendència lineal i una sèrie de residus,  $F(ti) = A + Bti + R(ti)$  on  $F$ ,  $A + Bti$  i  $R$  són, respectivament, l'índex de precipitació, la tendència lineal i els residus, essent  $ti$  el temps.

Seguidament formem una nova sèrie de residus partint d'una selecció a l'atzar d'elements de la sèrie primigènia. Aquest procés és repetit  $N$  vegades (en aquest cas,  $N = 1000$ ), generant un conjunt de  $N$  sèries temporals de residus diferents,  $R_s(ti), s = 1, \dots, N$ . Cadascuna d'aquestes sèries s'afegeix, llavors, a la tendència original detectada, obtenint  $N$  noves sèries temporals,  $F_s(ti) = A + Bti + R_s(ti)$ . Aleshores, per cadascuna d'aquestes sèries se cerca la corresponent tendència lineal,  $B_s$ , de manera que en últim terme obtenim una distribució  $P(B_s)$  constituïda per  $N$  valors de tendència provinents del conjunt de sèries generades d'acord amb el procediment anterior. En aquest context podem estimar la probabilitat d'obtenir una tendència nul·la (això és, que  $P(B_s)$  inclogui  $B_s = 0$ ) i, per tant, podem estimar la significativitat

del valor B trobat a partir de la sèrie original. El codi per aplicar aquest mètode es pot descarregar a la pàgina web [http://www.am.ub.es/~mturco/codes/testTrend\\_MT.zip](http://www.am.ub.es/~mturco/codes/testTrend_MT.zip).

En tercer lloc, hem dut a terme un anàlisi de valors extrems a partir del càlcul dels períodes de retorn per a l'índex RX1DAY (màxima pluja anual recollida en 24 h). Aquest procés ha consistit en l'ajust de les nostres sèries a una distribució de tipus Gumbel (una distribució part del que es coneix com a distribucions Generalitzades de Valors Extrems, o GEV per les seves sigles amb anglès) per obtenir després els valors de períodes de retorn desitjats. Així, per exemple, si la probabilitat, P, de tenir un valor de RX1DAY més gran que P100 és  $P(\text{RX1DAY} > P100) > 1/100$ , això vol dir que la probabilitat de sobrepassar el nivell P100 en un any concret és de 0.01 de mitjana i que, per tant, la màxima precipitació diària a nivell anual iguala o supera aquest valor una vegada cada 100 anys. A l'informe de l'Organització Meteorològica Mundial de 2009 podem trobar més detalls sobre aquest tipus d'estudis d'extrems (WMO, 2009).

#### Resultats de l'anàlisi de tendències

La taula 16 resumeix els resultats obtinguts en l'estudi de les tendències dels índexs considerats per a les estacions i períodes seleccionats. Les figures associades a aquesta taula es poden trobar a les pàgines següents.

Nom de l'estació	Índex	Períodes	Tendència (unitat/any)
Aeroport	PRCPTOT	1940-2010	-0.08
		1981-2010	-6.46
	SDII	1940-2010	0.00
		1981-2010	-0.10
	RX1DAY	1940-2010	-0.03
		1981-2010	-0.62
RX5DAY	1940-2010	-0.21	
	1981-2010	-2.30	
Fabra	PRCPTOT	1914-2010	+0.15
		1981-2010	-2.89
	SDII	1914-2010	+0.01*
		1981-2010	-0.05*
	RX1DAY	1914-2010	+0.14
		1981-2010	-0.19
RX5DAY	1914-2010	+0.17	
	1981-2010	-1.80	
BCN	PRCPTOT	1855-2010	+0.16
		1981-2010	-4.37
	SDII	1855-2010	0.00
		1981-2010	-0.10
RX1DAY	1855-2010	+0.04	

		1981-2010	-0.60
	RX5DAY	1855-2010	+0.15
		1981-2010	-1.95

Taula 16. Resultats de l'anàlisi de tendències. \*  $p < 0.05$

Les figures següents mostren l'evolució d'aquests índexs per las series de l'Observatori Fabra, en els annexos hi ha les mateixes gràfiques per les estacions de l'Aeroport i la sèrie de Barcelona.

L'anàlisi estadístic es mostra que no hi ha tendències significatives considerant els diversos índex d'extremes consultats per les tres estacions i els dos períodes analitzats. Tan sols hi ha una excepció: l'índex SDII a l'Observatori Fabra mostra un augment considerant tot el període i una senyal negativa si considerem el període 1981-2010.

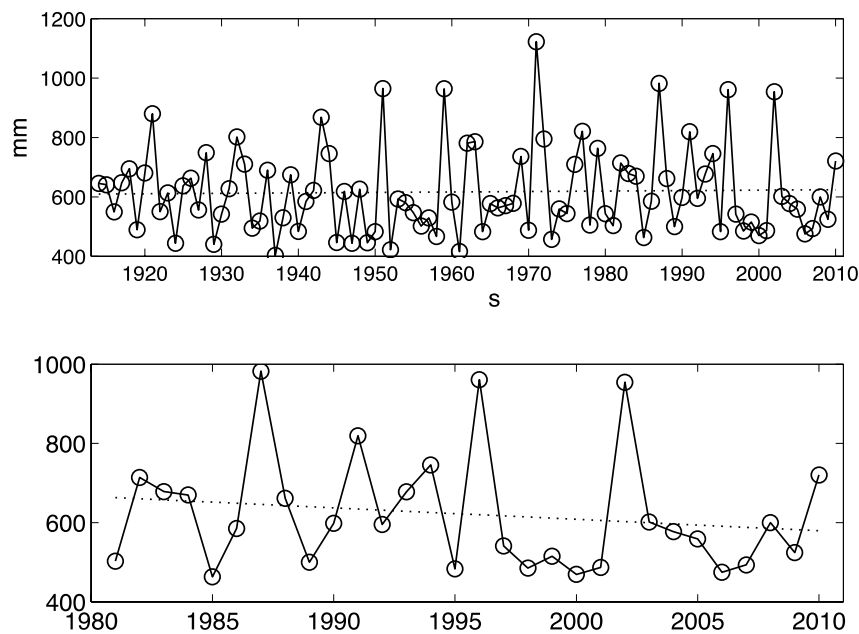


Figura 49. Evolució de la pluja total anual a l'Observatori Fabra en el període disponible (1914-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

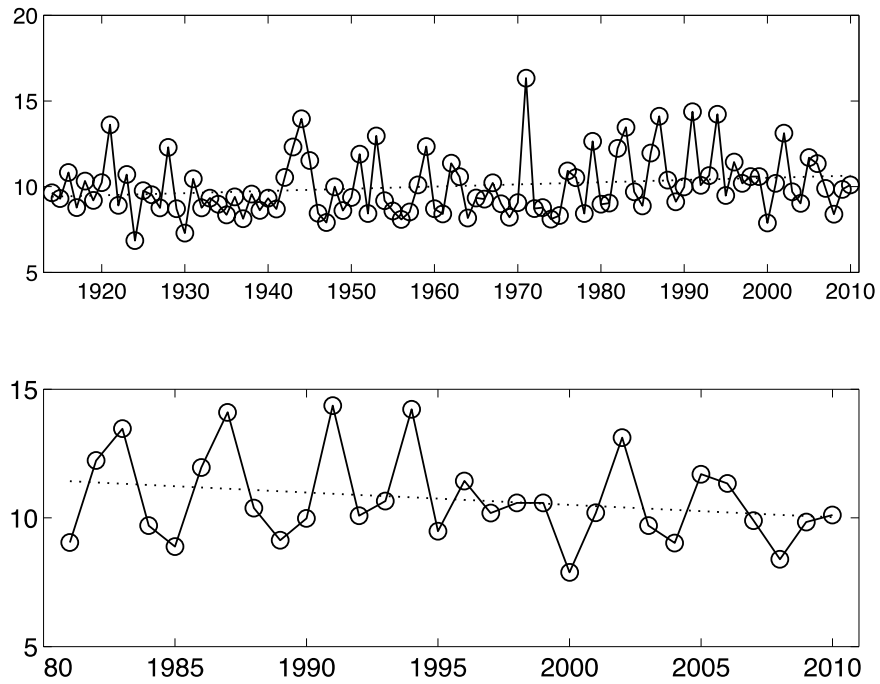


Figura 50. Evolució de l'índex SDII a l'Observatori Fabra en el període disponible (1914-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

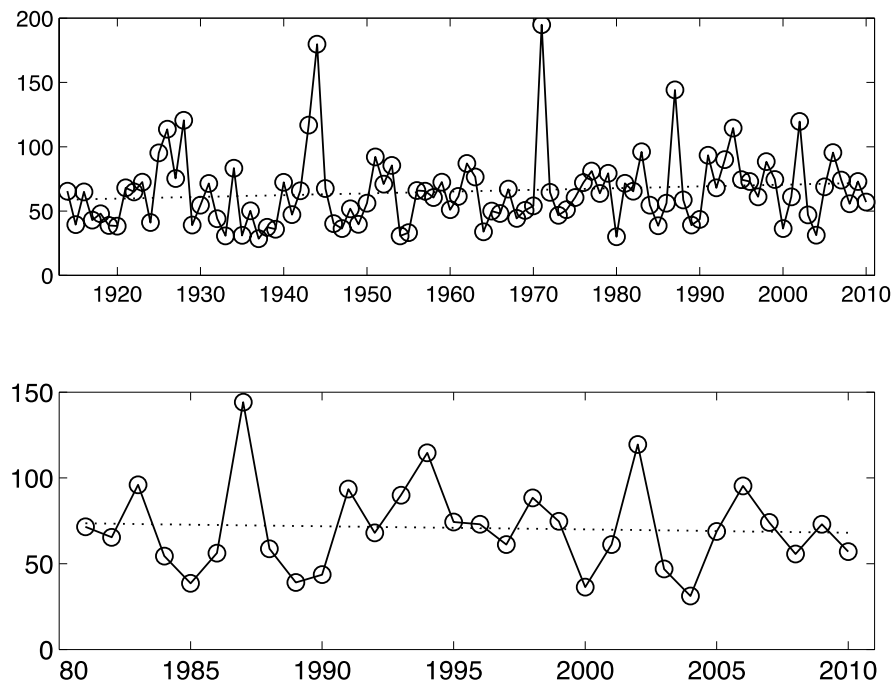


Figura 51. Evolució de l'índex RX1DAY a l'Observatori Fabra en el període disponible (1914-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

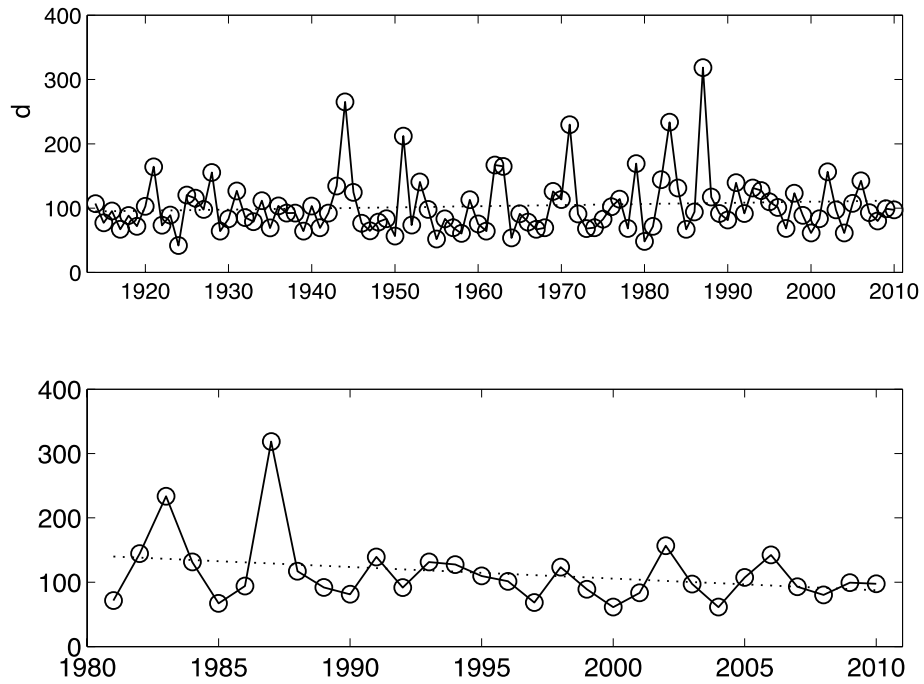


Figura 52. Evolució de l'índex RX5DAY a l'Observatori Fabra en el període total disponible (1914-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

### Resultats de l'anàlisi de valors extrems

La taula 17 mostra els períodes de retorn calculats per a les dues sèries a partir dels dos períodes seleccionats. Les figures corresponents a aquesta anàlisi es poden trobar a la pàgina següent.

Nom de l'estació	Període de retorn (anys)	Període analitzat	Quantitat de precipitació (mm)
Aeroport	10	1940-2010	118
		1981-2010	115
	25	1940-2010	145
		1981-2010	141
	50	1940-2010	165
		1981-2010	160
	100	1940-2010	185
		1981-2010	179
	500	1940-2010	230
		1981-2010	223
Fabra	10	1914-2010	105
		1981-2010	106
	25	1914-2010	127
		1981-2010	126
	50	1914-2010	143
		1981-2010	140
	100	1914-2010	160
		1981-2010	155
	500	1914-2010	198
		1981-2010	188
BCN	10	1855-2010	100
		1981-2010	117
	25	1855-2010	120
		1981-2010	143
	50	1855-2010	135
		1981-2010	162
	100	1855-2010	150
		1981-2010	181
	500	1855-2010	184
		1981-2010	225

Taula 17. Períodes de retorn associats a les 3 estacions analitzades pel període complet de les sèries i pel període 1981-2010.

La figura 53 mostra l'ajust de la distribució de Gumbel considerant els valors d'RX1DAY a l'Observatori Fabra (a l'annex hi ha els gràfics per l'Aeroport i la sèrie de Barcelona). En base al fit, es calculen els valors que observem a la taula 17. Podem observar com els valors de precipitació extrema associada als períodes de retorn són generalment similars considerant els dos períodes de temps.

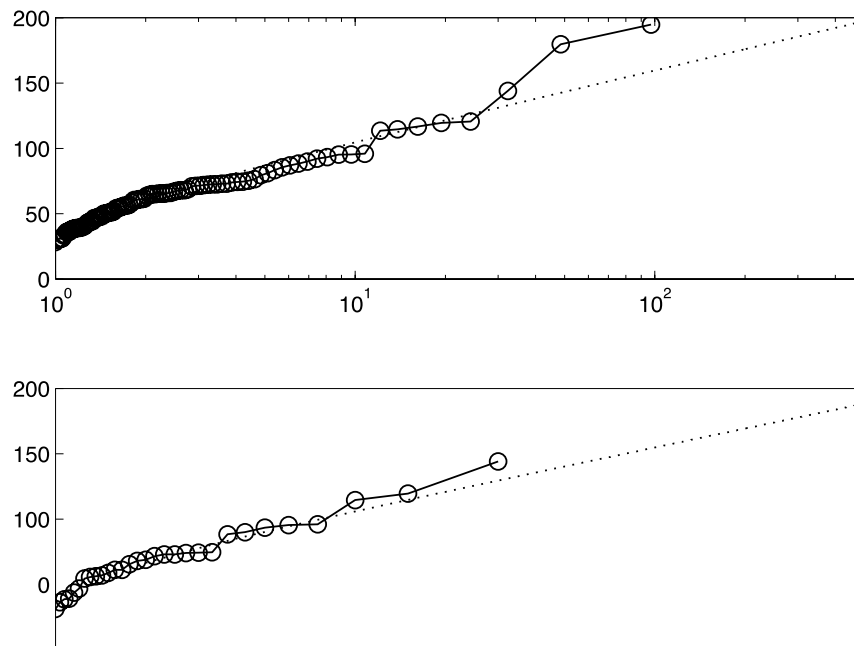


Figura 53. Funció de distribució de Gumbel del índex RX1DAY a l'Observatori Fabra, considerant tot el període (1912-2010; a dalt) i el període de 30 anys (1981-2010; sota).

## 3.2. Anàlisi de la precipitació associada a episodis d'inundació o aiguats amb impactes importants

### 3.2.1. Cabals

L'estudi es centra principalment en inundacions in situ o per desbordament de rieres. Tot i així, mitjançant les sèries llargues de cabal diari de Martorell i Sant Joan Despí, hem ajustat els màxims anuals en una corba de distribució (Figura 54) per tal de conèixer els períodes de retorn del riu en els dos punts. Si sabem el període de retorn en qualsevol dels dos punts, podrem carregar el model de l'ACA que ens mostra la zona inundable segons el períodes de retorn que tingui

El mètode escollit per calcular les corbes de distribució i els períodes de retorn ha estat el Generalized Extreme Values (GEV) amb un valor regional d'L-coefficient skewness (L-Cs), Hall, J., et al 2014.

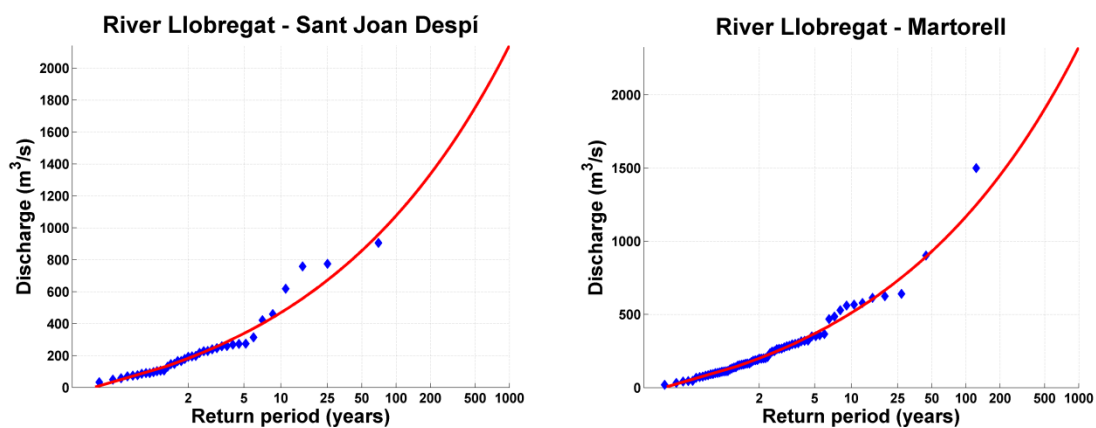


Figura 54. Corba de distribució del cabals màxims en funció del període de retorn.



Figura 55. Zona inundable (model elaborat per l'ACA) per un període de retorn de 500 anys al Llobregat i al Besòs. Sobre una imatge en satèl·lit (WMS) i la cartografia de municipis i rius.

La Figura 55 és un exemple en el cas de que es registressin cabals amb períodes de retorn de 500 anys. D'aquesta manera també podem tenir en compte les inundacions de desbordament.

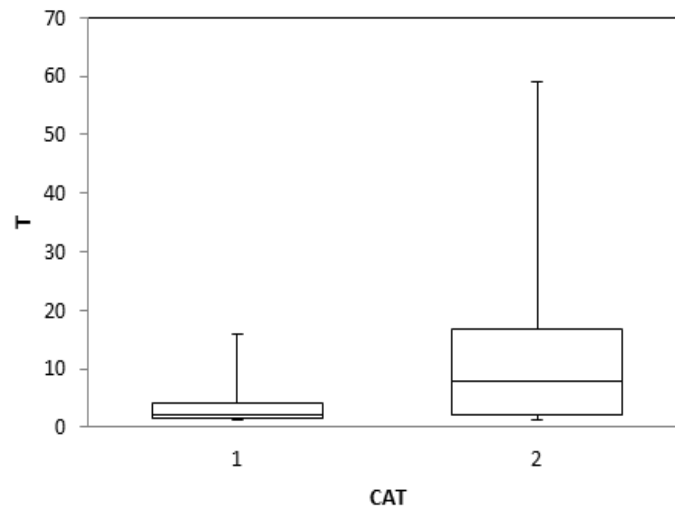


Figura 56. Boxplot de períodes de retorn en funció de les categories 1 i 2 d'inundacions.

En aquest boxplot (Figura 56) hem recollit les dades de cabal mitjà per cada una de les inundacions que hi ha hagut a l'AMB (s'han seleccionat els punts d'aforament de Sant Joan Despí i de Martorell). S'ha buscat el període de retorn mitjançant les corbes de distribució (Figura 57) i s'han elaborat els boxplots segons l'impacte (CAT) de la inundació (extraordinària (1) i catastròfica (2)). Podem observar com els valors compressos en els dos quartils centrals de la distribució els episodis d'inundació extraordinaris presenten períodes de retorn per sota de la mediana del boxplot de les catastròfiques. La mediana de les extraordinàries és de 2 anys aproximadament i la de les catastròfiques de 10 anys, per tant parlem de períodes de retorn bastant baixos. És important tenir present que els valors màxims instantanis poden arribar a períodes de retorn de 500 anys, com seria el cas de 1971.

T (any)	Martorell (m3/s)	Sant Joan Despí (m3/s)
<b>2</b>	201	182
<b>5</b>	370	338
<b>10</b>	511	468
<b>25</b>	731	672
<b>50</b>	932	857
<b>100</b>	1170	1076
<b>500</b>	1906	1755

Taula 18. Cabals associats al període de retorn en els dos punts d'estudi.

En aquesta taula observem quins són els cabals per cada un dels períodes de retorn estudiats. La taula està directament relacionada amb la figura 56.

Per fer la Figura 57, s'ha seleccionat la precipitació màxima en 24h dins l'AMB de les diverses inundacions amb impactes diferents, per categoria 1 i per categoria 2. Observem que les distribucions són bastant gaussianes, ja que la mediana està molt centrada. D'altra banda observem una bona separació i distinció entre les dues categories. La mediana per les inundacions de CAT 1 estan per sota dels 100mm i per la CAT 2 estan per sobre dels 150mm en un dia.

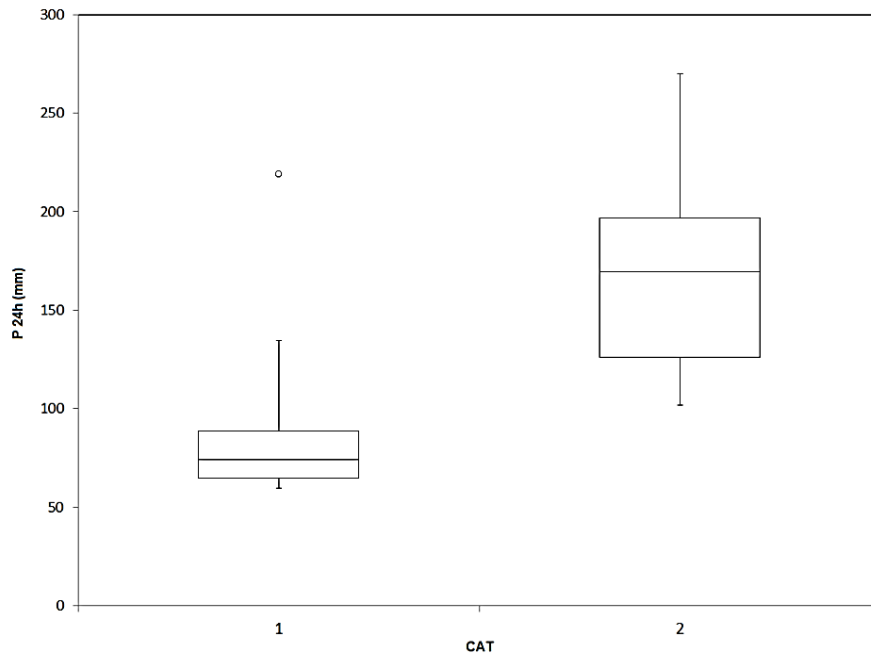


Figura 57. Boxplot de precipitació màxima en 24h en funció de les categories 1 i 2 d'inundacions.

Boxplot	CAT 1	CAT 2	T CAT1 AMB	T CAT2 AMB	T CAT1 Fab	T CAT2 Fab	T CAT1 Aero	T CAT2 Aero	T1 CAT BCN	T CAT2 BCN
<b>Mínim</b>	60	102	2	10	2	9	2	6	2	11
<b>Q1</b>	65	126	2	25	2	24	2	13	2	33
<b>Mediana</b>	74	169	5	190	3	151	3	59	3	255
<b>Q3</b>	88	197	7	500	5	489	4	155	6	500
<b>Màxim</b>	135	270	50	500	35	500	18	500	50	500

Taula 19. Períodes de retorn associats als Boxplot de precipitació màxima en 24h.

A la Taula 19 observem els períodes de retorn associats als diferents llinars proposats que han causat inundació (mínim, màxim i els quartils), si s'ajustesin a partir de les corbes de distribució de les diferents sèries. S'ha inclòs també la sèrie AMB, aquests períodes de retorn s'han calculat a partir de la mitjana de precipitació màxima a l'AMB a partir dels mapes de precipitació màxima esperada en 24h associats a diferents períodes de retorn, que va elaborar el Servei Meteorològic de Catalunya, cada valor s'ha ajustat a una funció de distribució i s'han pogut calcular els períodes de retorn mitjans de l'AMB.

Observem (Taula 3) que les diferències en tots els observatoris i per tota l'AMB són molt marcades. En les inundacions catastròfiques els períodes de retorn mínims són aproximadament de 10 anys en detriment dels 2 anys per les extraordinàries. A partir del 3r quartil la majoria de les inundacions catastròfiques tenen períodes de retorn d'uns 500 anys, en canvi les inundacions extraordinàries no superen els 10.

### 3.3. Escenaris futurs

#### Dades i mètodes

Les dades climàtiques simulades (1961-2050) s'han obtingut de models climàtics regionals (RCM) provinents del projecte europeu ENSEMBLES (van der Linden and Mitchell 2009). Aquesta base de dades, amb simulacions a una resolució de 25 km, inclou onze simulacions condicionades per models globals (GCM) per al període de control 20C3M (1961-2000), i per a l'escenari A1B (2001-2050). Aquest conjunt de dades ha estat extensament validat (veure, per exemple, Turco et al. 2013).

En primer lloc s'ha calculat els 4 índexs de precipitació extrema a escala anual per al punt de malla corresponent a Barcelona i per a cadascuna de les onze simulacions. En segon lloc s'han analitzat les tendències d'aquests índexs per al conjunt de RCM. Finalment, hem realitzat una anàlisi de valors extrems.

#### Resultats de l'anàlisi de tendències

La taula 20 resumeix els resultats de l'anàlisi de tendències per al conjunt de tots els RCM i els índexs de precipitació. Per fer-ho hem analitzat el període 1961-2050. Les figures corresponents estan recollides a les pàgines següents.

Índex	Tendències (unitat/any)
PRCPTOT	-0.15
SDII	0.00
RX1DAY	0.03
RX5DAY	0.00

Taula 20. Resultats de l'anàlisi de tendències. \*  $p < 0.05$

La sortida dels RCMs mostren que no n'hi ha tendències significatives en les projeccions futures de pluja. A pesar de la manca de significativitat, las projeccions indiquen una disminució del total de pluja i un senyal estacionari pel que fa als index d'extrems.

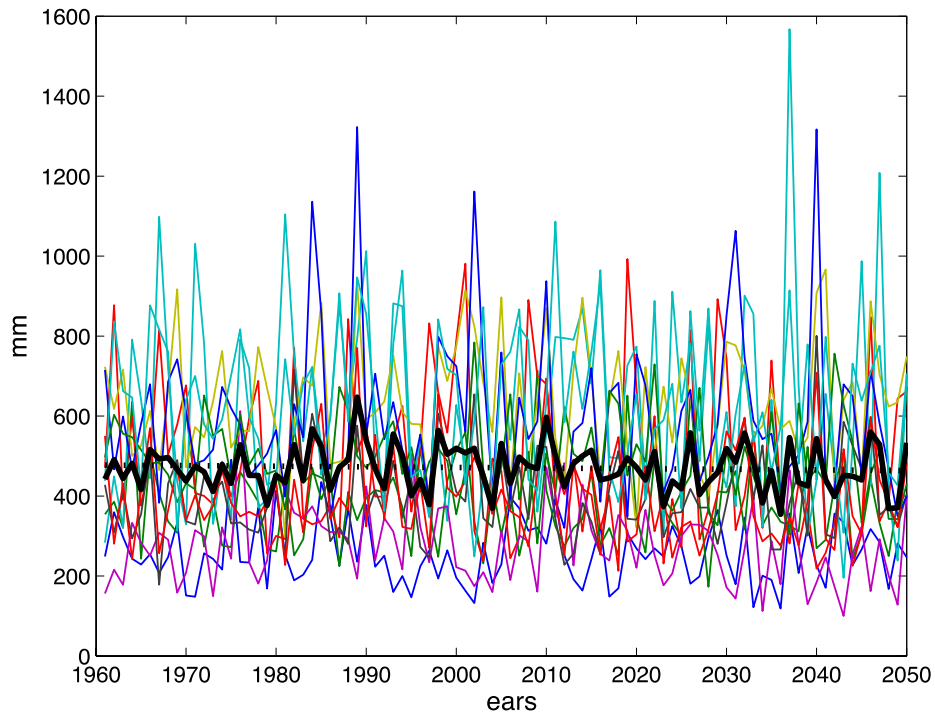


Figura 58. Evolució de l'índex PRECPTOT segons el conjunt RCMs per l'AMB. Cada línia és un dels 11 RCMs, i la línia negra indica el promig del conjunt.

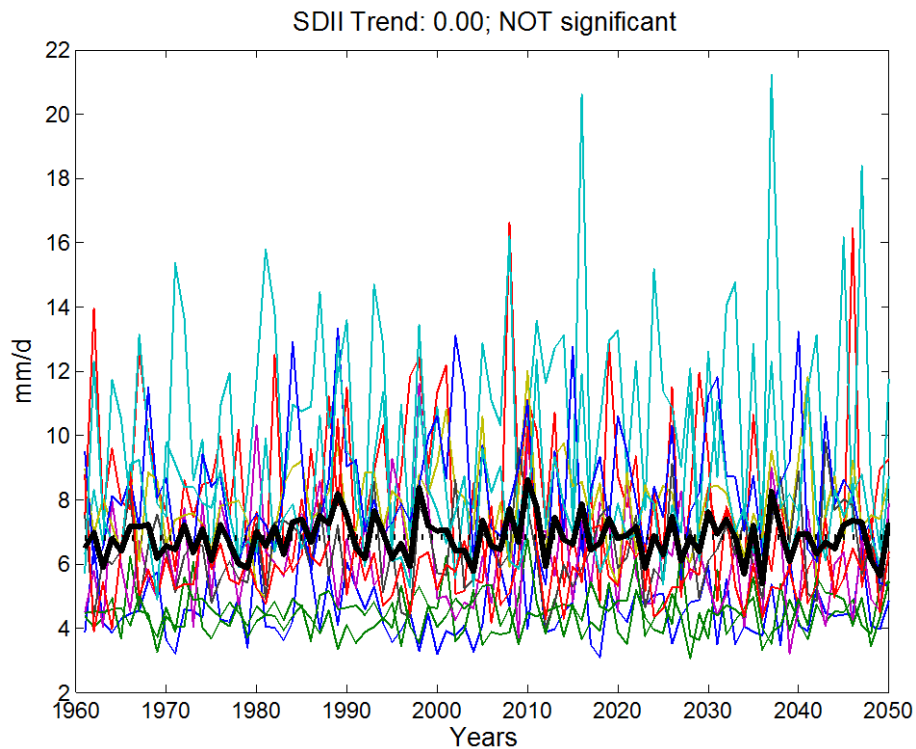


Figura 59. Evolució de l'índex SDII segons el conjunt RCMs per l'AMB. Cada línia és un dels 11 RCMs, i la línia negra indica el promig del conjunt.

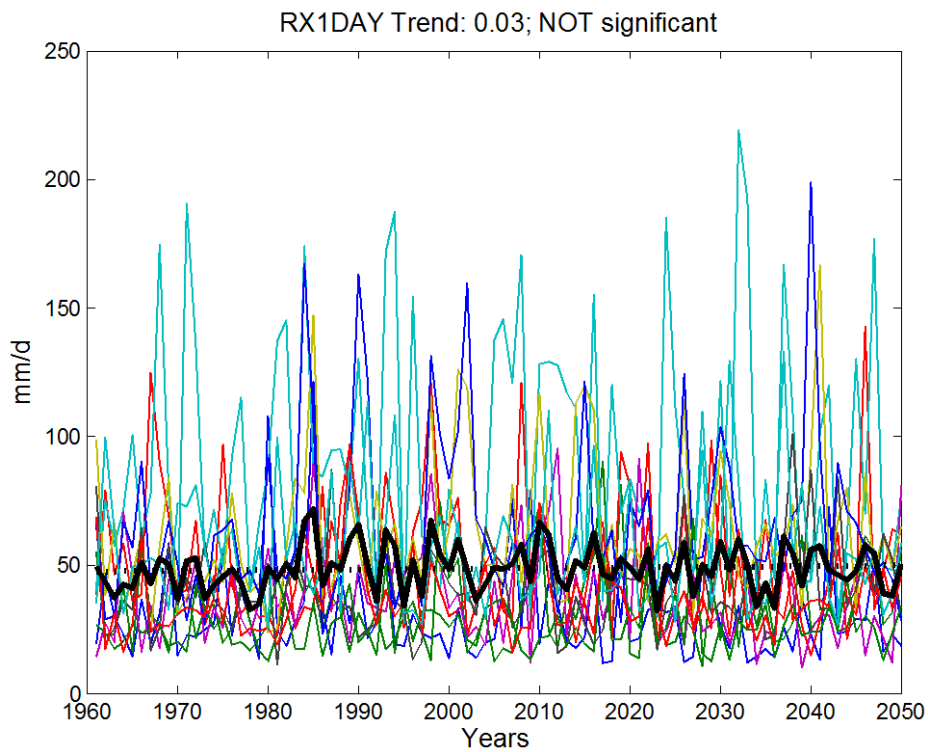


Figura 60. Evolució de l'índex RX1DAY segons el conjunt RCMs per l'AMB. Cada línia és un dels 11 RCMs, i la línia negra indica el promig del conjunt.

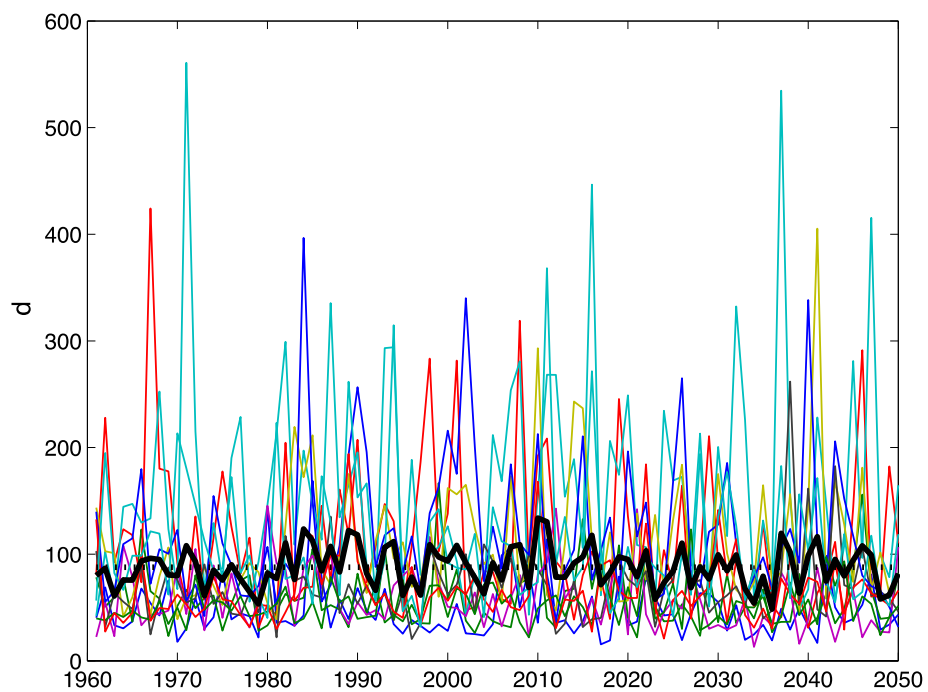


Figura 61. Evolució de l'índex RX5DAY segons el conjunt RCMs per l'AMB. Cada línia és un dels 11 RCMs, i la línia negra indica el promig del conjunt.

### Resultats de l'anàlisi de valors extrems

Mentre l'anàlisi de tendències no està afectada per la presència d'errors sistemàtics als RCM, la quantificació dels períodes de retorn emprà valors absoluts i, per tant, sí que pot ésser afectada per aquest tipus d'error. Per tant, com a pas preliminar extraiem el biaix potencial mitjançant una tècnica simple de post-processat que consisteix en l'escalat de la simulació pel quocient entre la mitjana observada i la del període de control. Més específicament, les dades diàries del RCM són corregides per al període 2011-2050 a través de l'equació següent.

$$RCM_{fut}^* = RCM_{fut} * \frac{OBS}{RCM_{ctrl}}$$

On:

- $RCM_{fut}^*$  fa referència a les dades RCM diàries per al període futur corregit de biaix.
- $RCM_{fut}$  fa referència a les dades diàries dels RCM que encara no s'han corregit;
- $OBS$  fa referència a les dades observades a l'estació del Fabra per al període 1961-2000.
- $RCM_{ctrl}$  fa referència a les dades diàries del RCM per al període de control 1961-2000.

Després d'aquesta correcció hem passat a calcular els períodes de retorn a l'estació Fabra per al període de 40 anys 1961-2000 i, posteriorment, els períodes de retorn per als RCM per al període de 40 anys 2011-2050. Aquesta anàlisi es repeteix per als onze models RCM. Finalment, obtenim els resultats que detallem a la taula 21. Les figures corresponents al model més representatiu es poden trobar a la pàgina següent.

Períodes de retorn (anys)	Períodes analitzats	Quantitat de precipitació (mm)
<b>10</b>	Fabra (1961-2000)	105
	RCMs (2011-2050)	<sub>53</sub> 104 <sup>159</sup>
<b>25</b>	Fabra (1961-2000)	128
	RCMs (2011-2050)	<sub>64</sub> 128 <sup>197</sup>
<b>50</b>	Fabra (1961-2000)	146
	RCMs (2011-2050)	<sub>72</sub> 145 <sup>225</sup>
<b>100</b>	Fabra (1961-2000)	163
	RCMs (2011-2050)	<sub>80</sub> 162 <sup>253</sup>
<b>500</b>	Fabra (1961-2000)	204
	RCMs (2011-2050)	<sub>98</sub> 202 <sup>318</sup>

Taula 21. Períodes de retorn considerant la mitjana del conjunt. El mínim i màxim del conjunt de models es mostren, respectivament, com a sub-índex i super-índex.

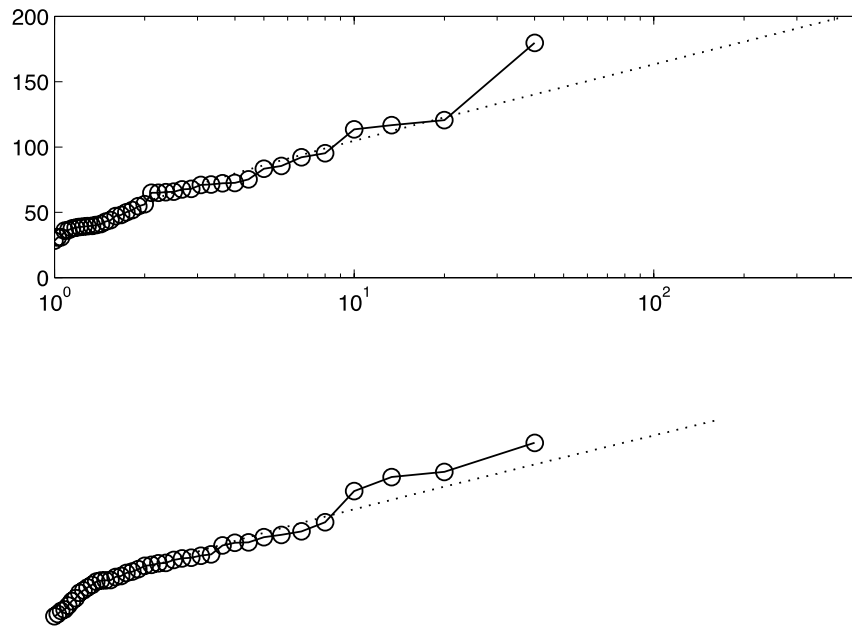


Figura 62. Funció de distribució de Gumbel de l'índex RX1DAY en l'observatori Fabra, considerant el període 1961-2000 (a dalt) i el model KNMI pel període 2011-2050 (a sota).

S'observa que els valors de precipitació extrema associada a diferents períodes de retorn no canvien en el període futur 2011-2050 considerant el promig del conjunt d'RCMs, també observem una dispersió bastant important entre el mínim i el màxim del conjunt (taula 21).

## 4. INTEGRACIÓ DE LES APROXIMACIONS “BOTTOM-UP” I “TOP-DOWN”

### 4.1. Integració holística de les diferents variables

#### 4.1.1. Relació entre precipitació convectiva i categoria

Per tal d’analitzar la relació entre precipitació convectiva i categoria s’ha fet un boxplot dels valors de la beta diària i les categories dels episodis d’inundació. Tots els episodis catastròfics estan produïts per pluges en que més d’un 30% supera la intensitat 5-min de 35 mm/h; en el 50% dels casos aquesta contribució supera el 60%.

En els episodis extraordinaris, generalment més curts, el percentatge de precipitació convectiva supera el 50% en un 75% dels casos.

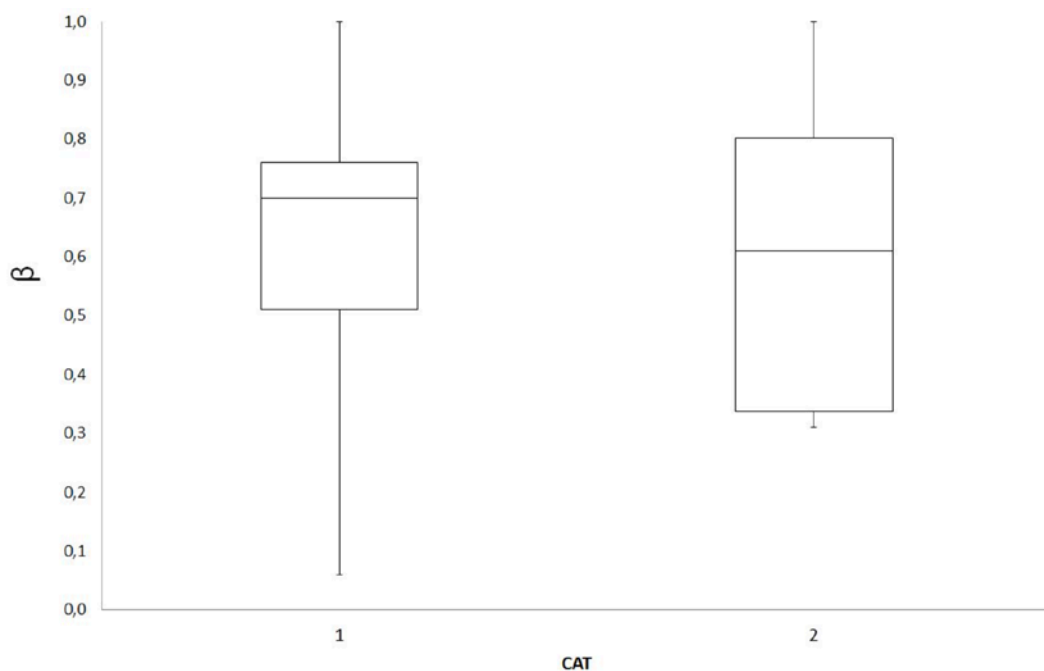


Figura 63. Boxplot de la  $\beta$  diària per les inundacions de AMB extraordinàries (1) i ordinàries (2) (períodes 1928-77 i 1996-2010)

#### 4.1.2. Anàlisi de l'escorrentia

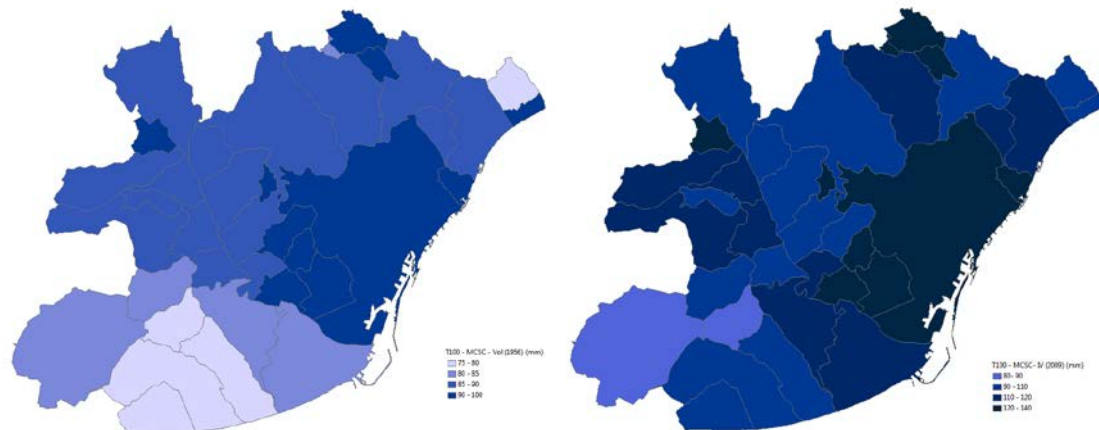


Figura 64. Mapes d'escorrentia (mm) pel període de retorn de 100 anys (edició de 1956-dreta i edició de 2009-esquerra).

S'observen (Figura 64) diferències molt contrastades amb les diferents edicions de MCSC, de l'ordre de 20-40 mm en un mateix municipi. També observem que tot i que les màximes precipitacions es localitzessin a l'interior, en canvi els municipis amb més impermeabilitat els localitzem principalment tocant la costa o Barcelona. Aquest fet significarà que tot i que, dins una òptica climàtica plouguí més al interior, tindrem quantitats d'escorrentia més elevades a la costa.

A la taula 14 (apartat 3.1.2) observem tots els resultats, d'on en podrien sortir fins a 28 mapes diferents d'escorrentia mitjana segons la climatologia de la precipitació a l'AMB.

#### 4.1.1 Índex IMRD

En aquest apartat es proposa un índex combinat a partir de variables que determinen les inundacions. Actualment existeixen índex i mapes de risc, a diferents escales i combinant diferents variables. Per exemple, a Catalunya existeix el mapa de risc d'inundacions inclòs dins el Pla INUNCAT, un índex municipal que combina tant variables meteorològiques, hidrològiques i de vulnerabilitat. D'altra banda, podem destacar altres índex i mapes de risc que combinen variables similars a les que utilitzarem com ho poden ser els proposats per Hagenlocher et al. (2014) o Petrucci i Pasqua (2008). En aquest últim, s'inclouen variables com la densitat de població, la precipitació o les característiques de la inundació. Hi ha altres articles que mesuren el perill i la vulnerabilitat com a un producte del risc, com a l'article de Cançado et al. (2008) entre d'altres.

L'índex que es proposa, no és un índex de risc com el que proposa Protecció Civil, ni un índex general que remarca les zones més vulnerables, sinó que pretén ser un índex dinàmic que ajudi a analitzar casos d'inundacions passades o situacions sinòptiques potencialment perilloses. El risc freqüentment s'entén com la interacció entre el medi natural i la societat (característiques de la població). Per tant l'entenem com un producte entre la perillositat i la vulnerabilitat:  $RISC = PERILLOSITAT \times VULNERABILITAT$

En una primera aproximació, s'ha elaborat un índex que parteix de l'equació anterior.

- La perillositat l'entendem com el fenomen natural, en aquest cas hem seleccionat la *frequència de precipitació* (períodes de retorn associats a la precipitació màxima en 24h de l'episodi) i la *intensitat de precipitació* en 1h, com a variables determinants en un territori de la conca del Mediterrani.
- La vulnerabilitat l'entendem subjecta als possibles impactes sobre la població, bens, etc. En aquesta escala hem seleccionat el *coeficient d'escorrentia mitjà* del municipi associat al seu període de retorn (que està vinculat amb les cobertures del sòl, i, en part, també, a la perillositat), la *densitat de població* i el *PIB per càpita* del municipi (aquestes últimes s'analitzen de forma conjunta, formant una *variable social, VS*).

Per tal de construir l'índex, haurem de realitzar un seguit de passos, conversions i normalitzacions per a cada una de les variables que s'analitzen. A continuació explicarem quins tractaments s'han de fer per a cada una de les variables que finalment s'integraran a l'equació. *El període de retorn associat a la precipitació màxima en 24 hores per municipi (PPT)*: Per elaborar aquest subíndex, primerament hem representat el camp de pluja mitjançant una interpolació de Kriging Ordinari. Tot seguit s'han extret els valors mitjans per cada municipi i finalment s'han associat als diferents períodes de retorn calculats prèviament a la taula 13 (apartat 3.1.2).

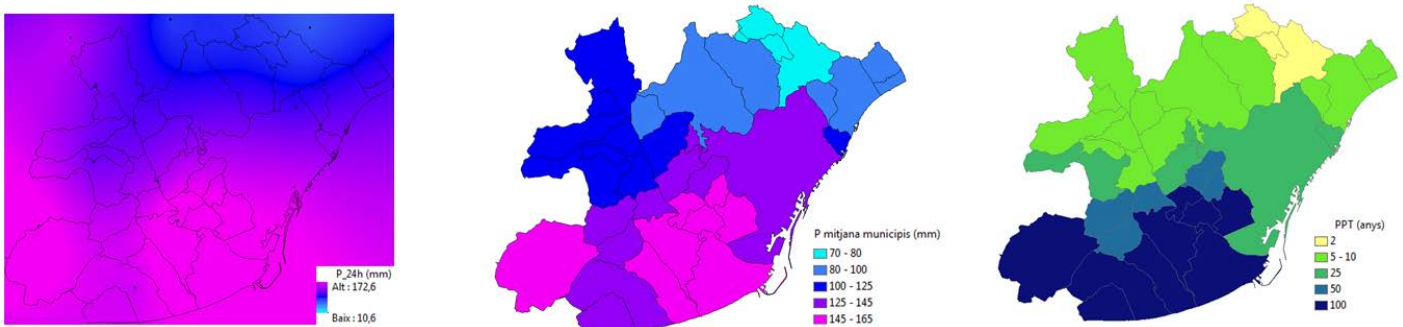


Figura 65. Transformació de la precipitació a períodes de retorn. Es treballa amb valors mitjans per municipi.

*La intensitat en 1h (I)*: S'ha fet un Kriging Ordinari i s'han extret les mitjanes per cada municipi, tal i com hem fet en el subíndex anterior. Una vegada calculades les mitjanes s'han agrupat segons els llinars d'alerta que proposa AEMET per intensitats en 1h per la costa Mediterrània.

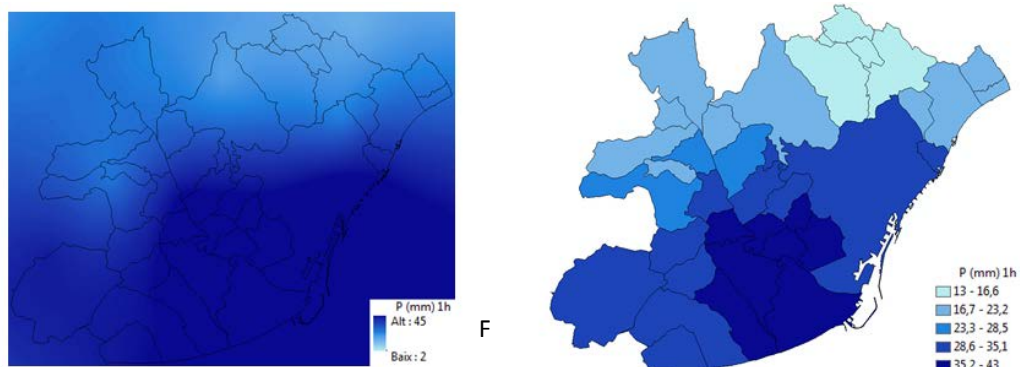


Figura 66. Transformació de la intensitat (isolínies) a intensitat mitja

*Coefficients d'escorrentia (Ce):* Els coeficients d'escorrentia s'han seleccionat segons la taula 13 per l'edició de MCSC més propera al cas d'estudi. En els exemple següent s'ha seleccionat la segona edició que és el MCSC referent a l'any 2002.

*Densitat de població (D) i PIB per càpita municipal (PIBc):* S'han descarregat les dades de l'IDESCAT, disponibles per cada un dels municipis, segons l'any corresponent.

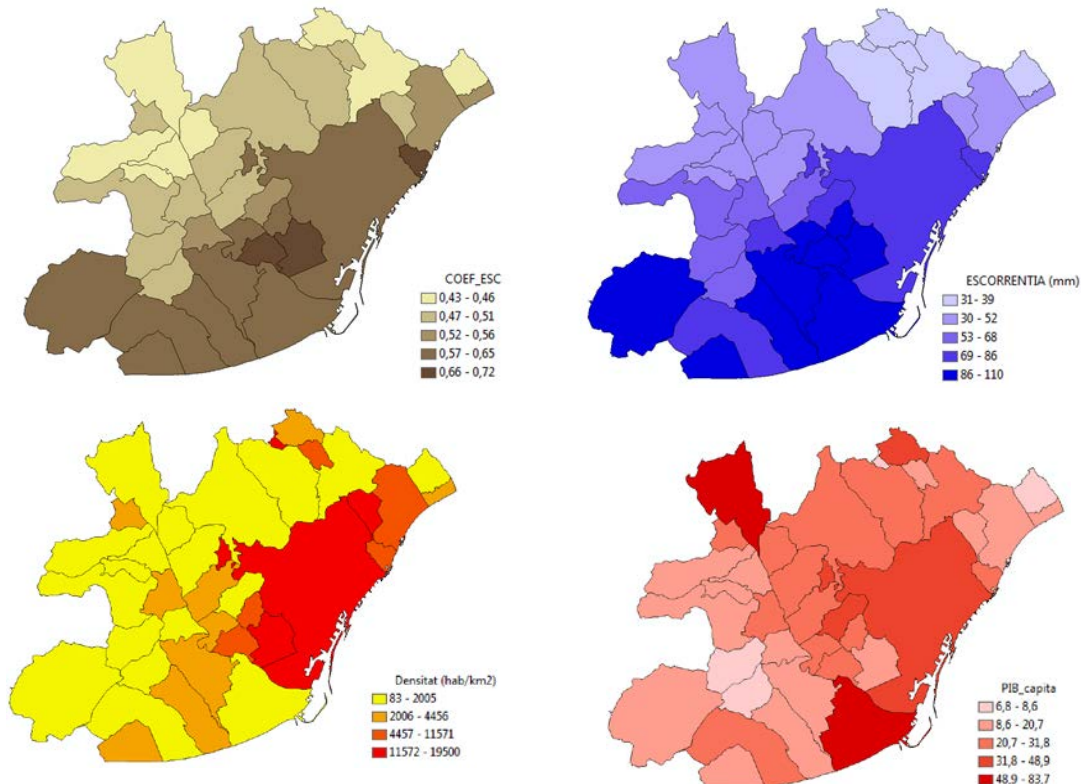


Figura 67. Mapes de Ce i escorrentia mitja municipal i de densitat i PIB càpita municipal.

**Normalització:** Per poder treballar amb el mateix factor, s'han normalitzat totes les variables de 0 a 1.

Els *coeficients d'escolament* no cal normalitzar-los ja que l'índex ja es mou de 0 a 1, la *densitat* i el *PIBc* s'han normalitzat mitjançant el valor màxim, on tots els valors es divideixen pel màxim, essent el valor més alt l'1. La  $VS = 0,5x(D+PIBc)$  ja que ha de normalitzar-se a la unitat. En el cas de *PPT* s'han agrupat els períodes de retorn segons una distribució de quartils, atorgant els períodes més baixos al primer quartil i el més alt al 1. En el cas de les intensitats de pluja, els llinars que proposa l'AEMET s'han agrupat segons una distribució també de quartils. Vegeu-ho a les taules següents:

PPT (mm)	N	I (mm/h)	N
de 2 a 10	0,25	menys de 20	0,25
de 25 a 50	0,5	de 20 a 40	0,5
de 50 a 100	0,75	de 40 a 90	0,75
més de 100	1	més de 90	1

Taula 22. Classificacions dels períodes de retorn associats a la precipitació màxima en 24h i a les intensitats de precipitació en 1h.

L'Índex Municipal de Risc Dinàmic (IMRD) finalment és una combinació dels subíndex tenint en compte l'equació del risc de l'inici, l'índex anirà de 0 a 1. L'expressió és la següent:

$$IMRD = \frac{(1 + PPT + I) \times (1 + Ce + VS)}{9}$$

Hem aplicat aquest índex al cas de les inundacions que es van produir a Castelldefels entre els dies 8 i 10 d'octubre de 2002 (Figura 68). Aquestes inundacions, considerades catastròfiques, van causar danys valorats en més de 12 milions d'euros segons el CCS.

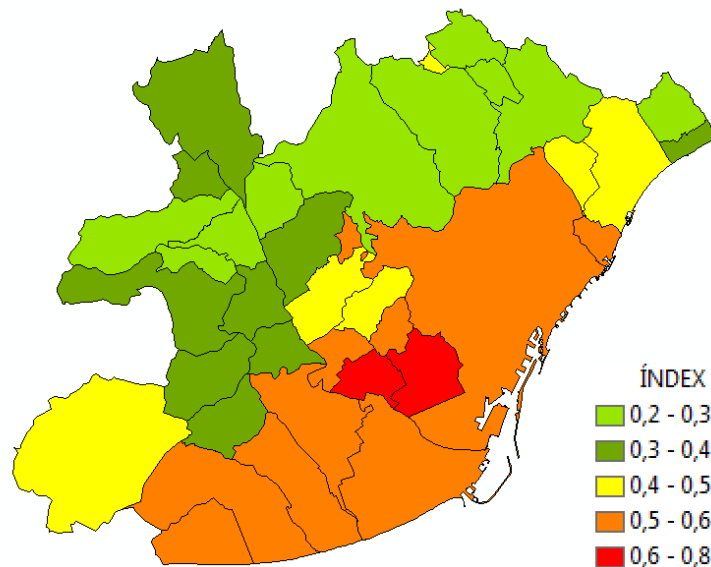


Figura 68. IMRD pel cas d'estudi de Castelldefels.

Per finalitzar, hem fet un mapa indicant les indemnitzacions (Figura 69) que hi va haver en els diferents municipis així com les afectacions (a partir de la premsa). Podem observar que el mapa concentra els danys als municipis de la costa, tal i com ens marca també l'índex.

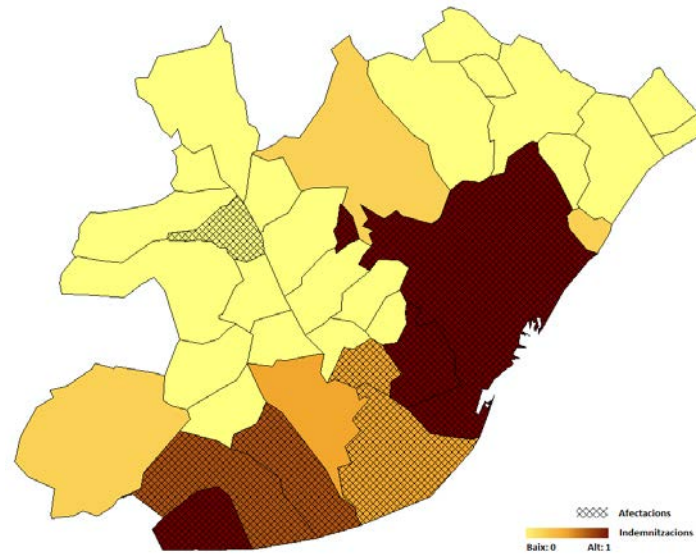


Figura 69. Mapa d'indemnitzacions normalitzades a partir del màxim i afectacions (premsa).

#### 4.2. Punts d'especial interès: El Prat de Llobregat, Viladecans i Santa Coloma de Gramenet

En aquest apartat s'han escollit tres municipis que s'analitzaran amb més detall: el Prat de Llobregat, Viladecans i Santa Coloma. La figura següent representa l'evolució de les cobertures del sòl per tres moments diferents i per cada municipi.

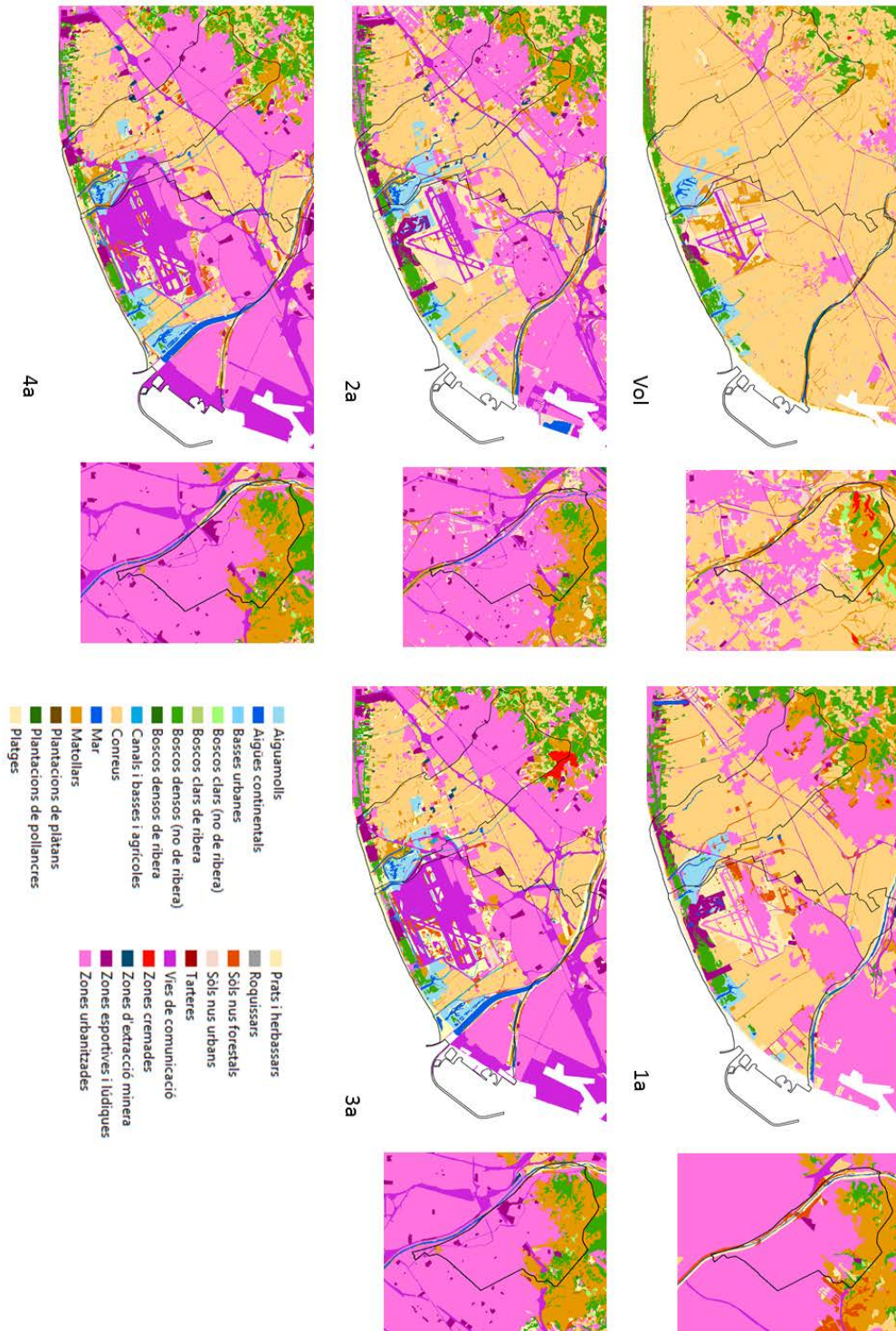


Figura 70. Evolució dels usos del sòl als 3 municipis, per les 24 categories inicialment escollides.

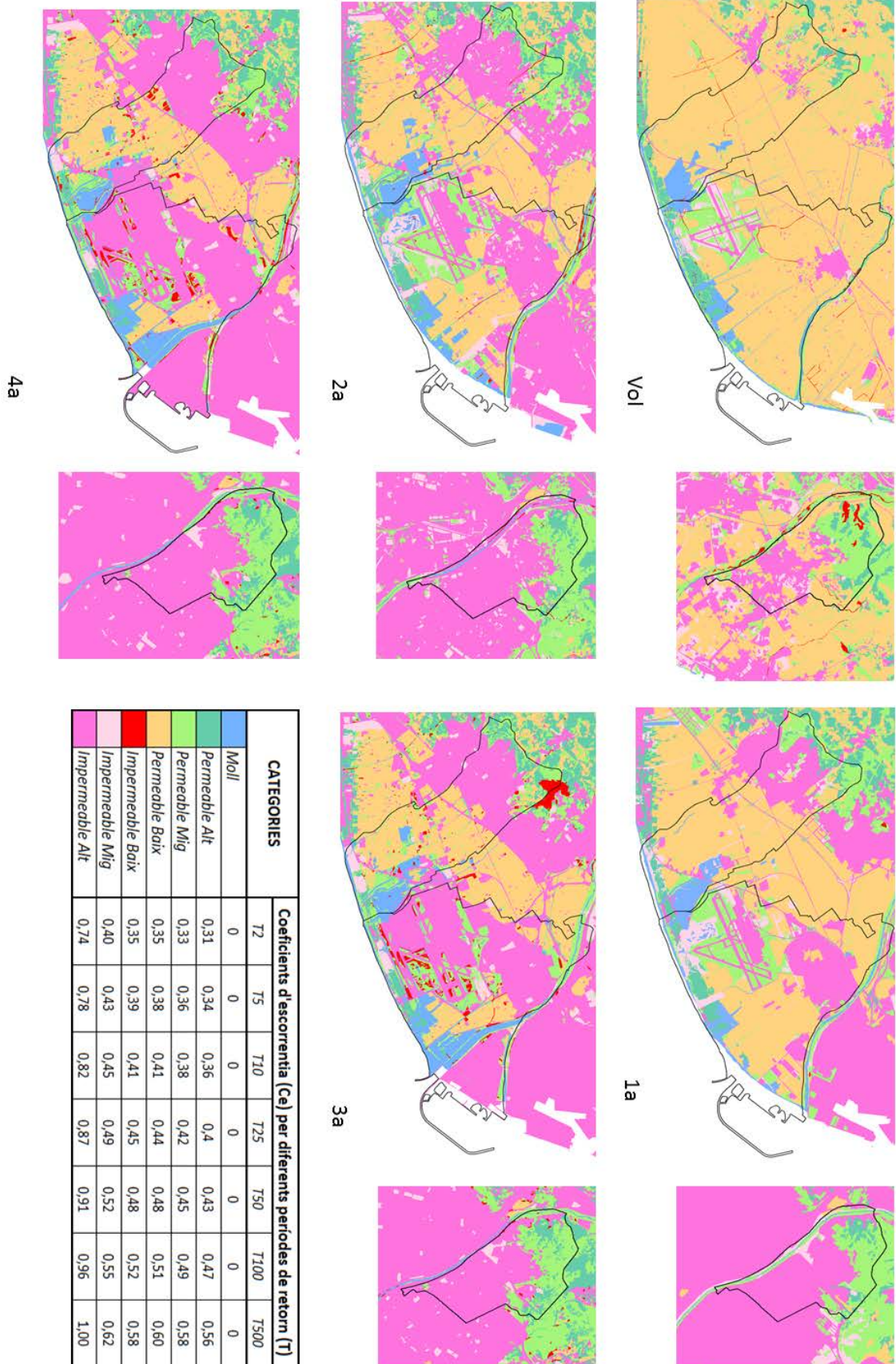


Figura 71. Evolució dels usos del sòl reclassificats segons la seva permeabilitat pels 3 municipis escollits.

<b>Permeabilitat_Prats</b>	<b>Vol</b>	<b>1a</b>	<b>2a</b>	<b>3a</b>	<b>4a</b>
<i>Moll</i>	6,21	5,48	8,82	10,88	10,39
<i>Permeable alt</i>	4,18	3,88	3,91	2,28	2,36
<i>Permeable mig</i>	13,04	15,58	18,10	14,83	11,75
<i>Permeable baix</i>	63,17	40,27	26,99	12,05	10,47
<i>Impermeable baix</i>	0,43	0,00	0,61	2,95	3,12
<i>Impermeable mig</i>	5,34	7,81	10,10	3,08	2,94
<i>Impermeable alt</i>	7,65	26,98	31,48	53,93	58,96

<b>Permeabilitat_Viladecans</b>	<b>Vol</b>	<b>1a</b>	<b>2a</b>	<b>3a</b>	<b>4a</b>
<i>Moll</i>	7,32	7,59	8,97	8,95	8,01
<i>Permeable alt</i>	6,22	5,99	5,93	6,19	7,39
<i>Permeable mig</i>	7,47	10,15	13,77	13,97	14,42
<i>Permeable baix</i>	73,02	46,91	38,23	33,89	30,83
<i>Impermeable baix</i>	0,32	0,00	0,57	2,14	2,00
<i>Impermeable mig</i>	0,65	5,11	4,43	3,61	2,99
<i>Impermeable alt</i>	5,00	24,25	28,11	31,25	34,36

<b>Permeabilitat_Santa Coloma</b>	<b>Vol</b>	<b>1a</b>	<b>2a</b>	<b>3a</b>	<b>4a</b>
<i>Moll</i>	0,02	1,35	1,87	0,33	0,32
<i>Permeable alt</i>	7,05	6,54	7,32	9,34	9,52
<i>Permeable mig</i>	28,84	27,24	24,21	28,88	28,71
<i>Permeable baix</i>	27,13	0,93	0,84	0,26	0,30
<i>Impermeable baix</i>	2,47	0,00	0,38	0,49	0,48
<i>Impermeable mig</i>	4,26	5,09	4,59	3,23	3,06
<i>Impermeable alt</i>	30,23	58,85	60,79	57,46	57,60

Taula 23a, 23b, 23c. Evolució de les superfícies (%) pels diferents municipis.

Tal com s'ha fet per tota l'AMB, en aquest apartat s'han representat les mateixes reclasseficcions i s'han analitzat les evolucions dels usos del sòl sintetitzades en l'evolució dels mapes de permeabilitat. A grans trets, tal i com veiem a la Taula 23, podem observar que tant el Prat de Llobregat com Viladecans tenien poca superfície impermeable (sòl urbà) i molt de conreu, però al llarg dels anys i degut al èxode rural i a la industrialització, els usos del sòl han canviat i el conreu (permeable baix) s'ha substituït en detriment del sòl impermeable alt (sòl principalment urbà). A Santa Coloma, tot i que l'augment ha estat notable, cal destacar que als anys 50 ja tenia una superfície urbana considerable. Tradicionalment no era una zona de conreus, com ho eren els altres dos municipis.

<b>Permeabilitat_Prats</b>	<b>Vol</b>						
	<b>T2</b>	<b>T5</b>	<b>T10</b>	<b>T25</b>	<b>T50</b>	<b>T100</b>	<b>T500</b>
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	2	3	3	3
<i>Permeable mig</i>	6	7	7	8	9	9	11
<i>Permeable baix</i>	32	35	38	40	44	47	55

<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Impermeable mig</i>	3	3	3	4	4	4	5
<i>Impermeable alt</i>	8	9	9	10	10	11	11

Permeabilitat_Prats	MCSC-IV						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	1	1	1	1	1	2	2
<i>Permeable mig</i>	6	6	6	7	8	8	10
<i>Permeable baix</i>	5	6	6	7	7	8	9
<i>Impermeable baix</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable mig</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable alt</i>	63	67	70	74	78	82	85

Taules 24a, 24b. Taula amb la escorrentia mitja ponderada (mm) per cada una de les superfícies, per un període de retorn de 100 anys al Prat de Llobregat. \* Està fet per totes les edicions i per cada un dels municipis d'interès (vegeu-ho al ANNEX).

La taula 24 ens indica l'escorrentia mitja ponderada per cada superfície del municipi del Prat de Llobregat, en l'edició més antiga (1956) i la última (2009). Podem observar com l'escorrentia augmenta al augmentar la superfície urbana.

A continuació s'exposen un seguit de mapes híbrids on solapem els mapes de zones inundables de l'Agència Catalana de l'Aigua construïts pels desbordaments amb els mapes de permeabilitat que s'han elaborat. D'aquesta manera podem veure quin és doble afecte entre un desbordament i la pròpia escorrentia del lloc. En aquest sentit es pot fer una combinació doble de les dues variables per poder veure en més detall quin pot ser el risc potencial i els danys que es poden causar.

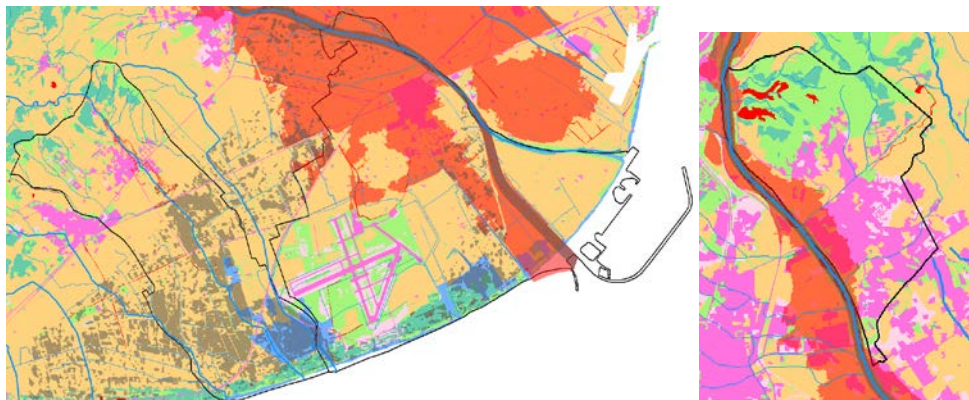
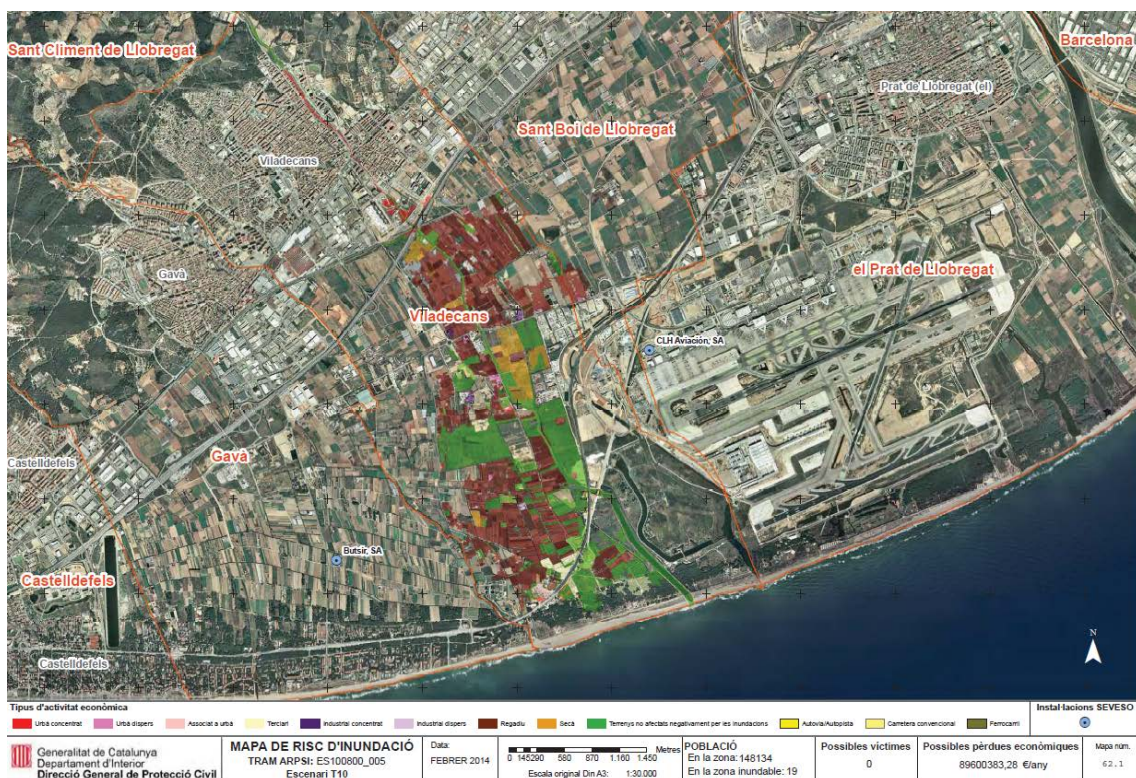


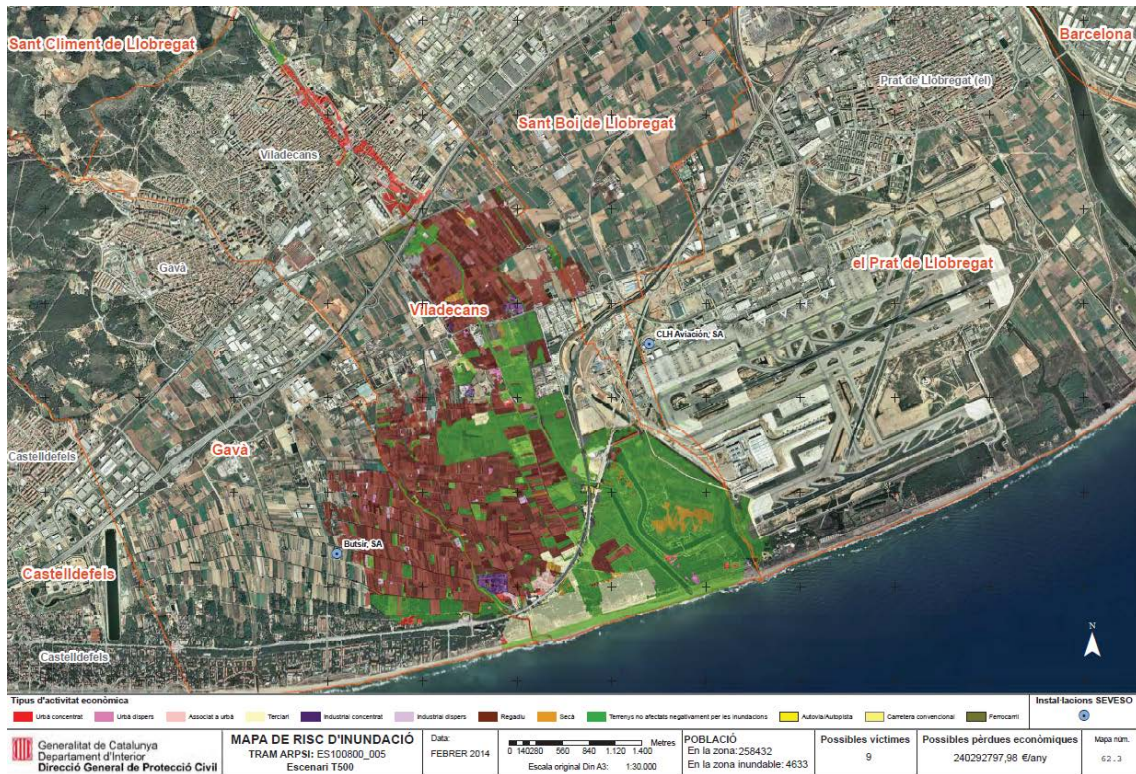


Figura 72a, 72b. Municipis d'interès, zones inundables amb un T500 (vermell) T10 (Gris) sobre els mapes de permeabilitats. Fet per la edició del Vol (1956) i la 4a edició (2009).

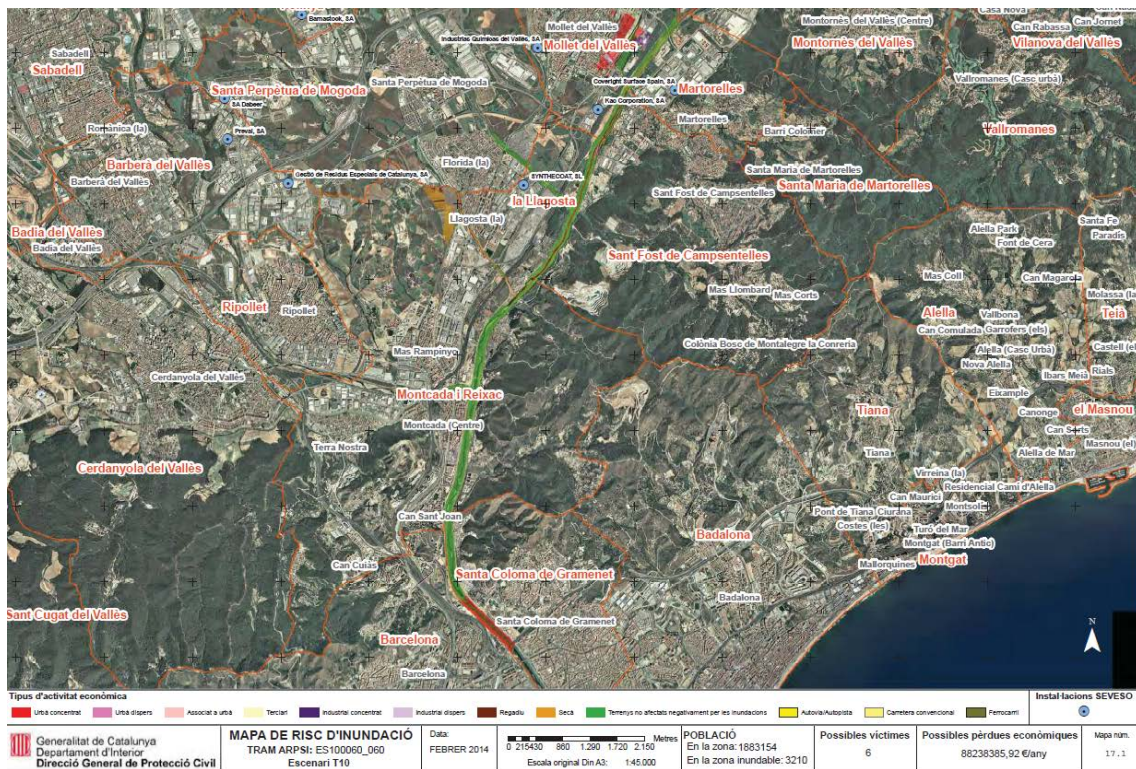
Per acabar, adjuntem els mapes de risc fluvial elaborats per l'Agència Catalana de l'Aigua (Figura 73) on es mostra el risc fluvial segons diferents períodes de retorn (a l'annex s'adjunten la resta d'imatges). Podem observar com per un període de 10 anys el municipi de Viladecans no contempla risc potencial de víctimes mortals, però sí que ho contempla en el mapa per un període de retorn de 500 anys on es pot veure com la riera desborda dins la zona urbana.

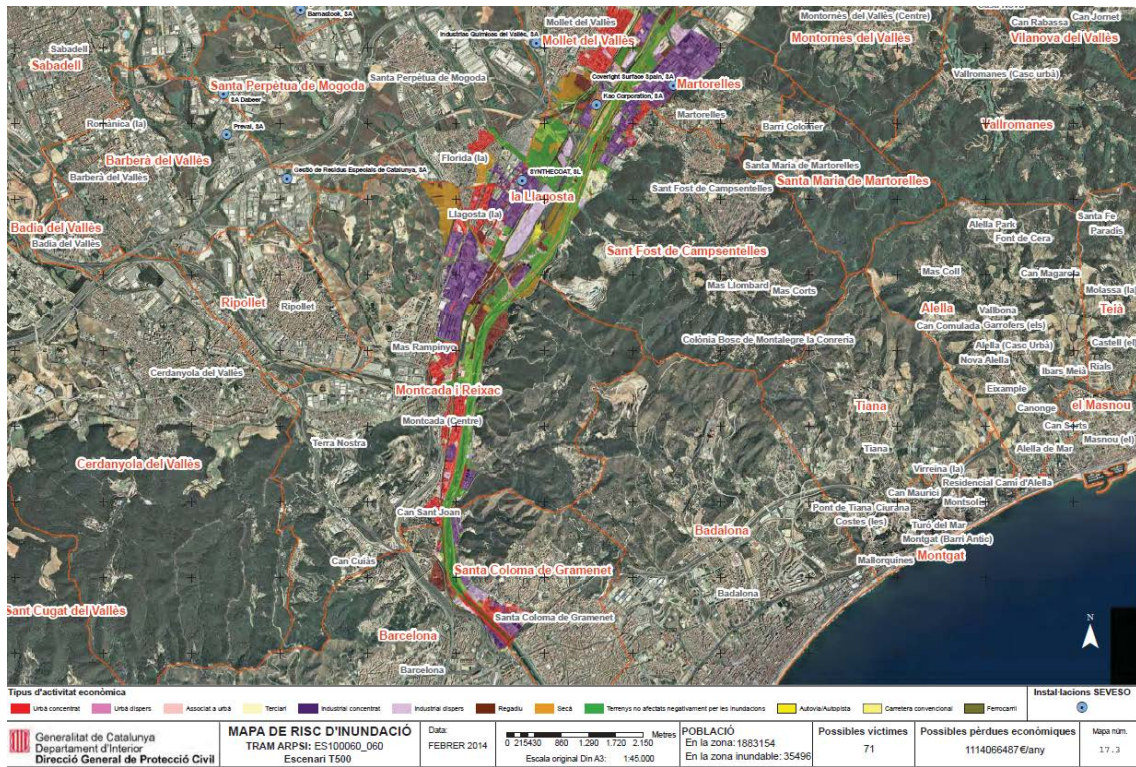


a



b





d

Figures 73. a i b (Viladecans),c i d (Santa Coloma i voltants). Mapes de risc fluvial elaborats per l'Agència Catalana de l'Aigua, per als períodes de retorn de 10 i 500 anys.

### 4.3. Anàlisi d'episodis catastròfics a l'AMB

En aquest capítol es sintetitzen els anàlisis fets pels episodis catastròfics. La taula 26 mostra la precipitació diària total màxima recollida a l'Observatori Fabra i el període de retorn relatiu per a tots els episodis catastròfics (Taula 26). Com es veu, els períodes de retorno no arriben ni tan sols a 10 anys, amb l'excepció del 4 d'octubre de 1987. Pel contrari, si es pren la precipitació màxima en 24 hores en algun punt de l'AMB, aquest període de retorn es supera ampliament, arribant-se a 500 anys en el cas dels aiguats del 1988 (Taula 27).

Data	Precipitació (mm)	Període de retorn (any)
25-Sep-1962	0	-
26-Sep-1962	87	5
19-Sep-1971	1	-
20-Sep-1971	27	2
21-Sep-1971	7	-
22-Sep-1971	5	-
23-Sep-1971	39	2
06-Nov-1982	8	-
07-Nov-1982	30	2
08-Nov-1982	12	2
06-Nov-1983	96	7
07-Nov-1983	57	2
28-Sep-1987	1	-
29-Sep-1987	0	-
30-Sep-1987	67	3
01-Oct-1987	51	2
02-Oct-1987	11	2
03-Oct-1987	45	-
04-Oct-1987	144	52
05-Oct-1987	8	2
08-Nov-1988	50	2
09-Nov-1988	1	2
10-Nov-1988	0	2
11-Nov-1988	8	-
12-Nov-1988	59	2
13-Nov-1988	2	-
21-Sep-1995	74	3
08-Oct-2002	87	5
09-Oct-2002	47	2
10-Oct-2002	23	2

Taula 26. Precipitació diària total i període de retorn relatiu per a tots els esdeveniments catastròfics, considerant l'estació Fabra.

Episodis	Pmax AMB	T_AMB_SMC	T_Fabra	T_Aeroport	T_BCN
<b>25/09/1962</b>	175	250	192	72	332
<b>18/09/1971</b>	270	500	500	500	500
<b>06/11/1982</b>	34	2	2	2	2
<b>06/11/1983</b>	102	10	9	6	11
<b>28/09/1987</b>	175	250	192	72	332
<b>08/11/1988</b>	197	500	489	155	500
<b>21/09/1995</b>	145	70	54	25	81
<b>08/10/2002</b>	174	250	184	69	316

Taula 27. Períodes de retorn associats als màxims de precipitació en 24h de l'AMB. Calculats a partir dels PPT del SMC, del Fabra, de l'aeroport i de la sèrie de Barcelona.

## 5. EINES DE DIVULGACIÓ I SENSIBILITZACIÓ DE LA POBLACIÓ ENFRONT EL RISC D'INUNDACIONS

### 5.1. Preparació de material gràfic de suport

Al llarg de la història, a Catalunya, s'han produït episodis d'inundacions catastròfiques que han afectat a municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Recuperar la memòria sobre aquests episodis permet que la població sigui més conscient de que les inundacions formen part del nostre entorn. A l'Annex s'inclouen fitxes per una selecció d'episodis acompanyades de material gràfic.

### 5.2. Eines per la participació ciutadana

S'ha preparat un **dossier pedagògic** amb explicacions per al públic general acompanyades de propostes pràctiques per incentivar la participació. Aquestes es basen en les eines i plataformes desenvolupades en els projectes La Rambla i FLOOD-UP així com en l'ús de l'aplicació FLOODUP com a eina i canal de participació.

### 5.3. Utilització de la plataforma La Rambla i les eines desenvolupadores en el projecte FLOOD-UP.

Actualment la contribució de la ciutadania en la ciència ha esdevingut cabdal. En el cas de les inundacions permet ampliar la informació sobre danys i impactes i avaluar la percepció que té la població. Per a fer-ho s'han desenvolupat eines com plataformes col·laboratives ([www.larambla.ub.edu](http://www.larambla.ub.edu) i [www.floodup.ub.edu](http://www.floodup.ub.edu)) i aplicacions per a mòbils (FLOODUP). Aquestes eines, a més de facilitar la participació són un canal d'accès al coneixement. A l'annex es presenta una selecció de propostes per a treballar aspectes relacionats amb les inundacions mitjançant aquestes eines.

## SÍNTESI, CONCLUSIONS, RECOMANACIONS

### 1. POSADA A PUNT DE LA INFORMACIÓ NECESSÀRIA

#### 1.1. Informació sistemàtica sobre les inundacions que han afectat cada municipi

S'ha recopilat, de manera sistemàtica, informació sobre els episodis d'inundació que han afectat a cada municipi de l'AMB en una base de dades. S'ha partit de la base de dades INUNGAMA elaborada pel grup GAMA i que conté les inundacions que s'han produït a Catalunya des de 1900. A partir d'ella s'han identificat els episodis que han afectat a municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i s'ha extret tota la informació associada com seria la categoria de l'episodi, nombre de víctimes i altres informacions d'impactes. Per tal d'ampliar aquesta informació a nivell municipal s'han consultat fonts d'informació com la premsa, informes oficials, documents científics i dades de companyies d'assegurances, entre d'altres. Aquesta informació ha permès fer una avaluació més acurada dels impactes.

La categoria d'impactes a nivell d'episodi general correspon a la màxima categoria que s'ha establert als municipis afectats a Catalunya. També s'ha identificat la categoria de cada un dels episodis a nivell de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. A més a més, per tal de poder analitzar l'evolució de les inundacions a l'AMB sense la influència de Barcelona, s'han separat en dues sèries (AMB-BCN, BCN) i s'ha identificat la categoria per cada una d'aquestes sèries. Els episodis definits com "ordinaris" serien els que produïrien problemes de trànsit, inundacions d'alguns baixos i passos subterranis,... Els extraordinaris produeixen a més petits danys en infraestructures o mobiliari urbà, l'aigua ja baixa pels carrers significativament, es poden inundar camps agrícoles, es poden produir talls en les xarxes viàries o comunicacions (metro, trem, tram..). Els episodis catastròfics, a més de tot el que comporten els extraordinaris, van associats a pèrdues materials considerables, són més extensos, poden produir la destrucció de ponts o passarel·les i talls en subministraments bàsics. En tots els casos es poden produir per desbordament fluvial o per pluja in situ. Aquest darrer cas és el més típic en àrea urbana.

#### 1.2. Dades hidrometeorològiques

S'ha disposat de les següents dades:

Precipitació diària:

- Observatori Fabra (1914-2010)
- Aeroport del Prat (1940-2010)
- Sèrie de Barcelona (reconstrucció a partir de varies estacions de dins la ciutat, sèrie oficial del Servei Meteorològic de Catalunya-SMC-) (1855-2010)
  
- Spain 02, base oficial de dades interpolades a partir d'estacions de l'Agència Estatal de METeorologia (AEMET) (1950-2007)

Precipitació casos d'estudi:

- Estacions EMA del SMC dins l'AMB.
- Estacions AEMET dins l'AMB.

Cabals diaris (Informació de l'Agència Catalana de l'Aigua, ACA) :

- Martorell (1912-2006)
- Sant Joan Despí (1969-2010)

### 1.3. Informació sobre evolució del territori i planificació/ocupació urbanística

Dades de densitat de població municipal extrems del IDESCAT (censos, padrons i estimacions), pels anys següents.

<b>Anys</b>	1950	1960	1970	1981	1990	1992	1994	1996	1998
	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	

Sistemes d'Informació Geogràfica:

- SHAPE dels municipis de l'AMB (Gencat); base de conques hidrogràfiques principals i secundàries (ACA); xarxa hidrogràfica principal i secundària i mapes de zones inundables del Llobregat i el Besòs (ACA); MDT (5m de pas de malla, IGN) i mapa urbanístic de Catalunya (1:5000) 2011 (Gencat).
- Mapa de Cobertures de Sòls de Catalunya (MCSC): les 4 edicions del CREAM (Ibàñez et al, 2002; Ibàñez i Burriel, 2010) i la referent al vol americà de 1956 (elaborat pel CREAM i la Diputació de Barcelona):

Edició	Vol americà 1956	MCSC-I	MCSC-II	MCSC-III	MCSC-IV
Any	1956	1993	2000-2002	2005-2007	2009
Escala ortofotos	1:25.000	1:25.000	1:5.000	1:5.000	1:2.500
Resolució (pixel)	2.5 m	2.5 m	0.50 m	0.5 m	0.25 m
Escala de treball	1:3.000	1:3.000	1:1.500	1:1.500	1:1.000
Format	SHAPE	MMZ	MMZ	MMZ/SHAPE	MMZ/SHAPE
Categories (Llegenda al annex 1.1)	-	24	61	241	241

Taula 1. Característiques dels MCSC segons les edicions que s'han publicat. Font: CREAM

- Mapes de precipitació màxima diària esperada associada a diferents períodes de retorn (Casas Castillo et al., 2005). És l'oficial del SMC i s'utilitzarà com a climatologia de la precipitació extrema.

#### **1.4. Sortides escenaris climàtics**

L'objectiu d'aquesta part de l'estudi es centra a millorar el coneixement sobre l'evolució present i futura de les precipitacions extremes a l'àrea urbana de Barcelona. Aquest objectiu s'ha tractat mitjançant l'anàlisi de les dades dels observatoris Fabra (1914-2010), Aeroport (1940-2010) i de la sèrie reconstruïda BCN (1855-2010), així com dels models climàtics d'alta resolució inclosos en el projecte ENSEMBLES. Els extrems de precipitació s'han tractat utilitzant anàlisis de valors extrems en el context de la Distribució de Valors Extrems Generalitzada (GEV) i a través de les definicions del ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices).

#### **1.5. Punts a tractar d'especial interès**

Es consideren prioritaris, atenent a que s'estan elaborant els plans d'adaptació, els municipis de: Viladecans, Prat de Llobregat i Santa Coloma.

## **2. APROXIMACIÓ "BOTTOM-UP": CRITERIS DE VULNERABILITAT I IMPACTE DE LES INUNDACIONS**

### **2.1. Proposta d'indicadors d'impacte socioeconòmic**

Amb la finalitat de poder avaluar l'impacte s'han definit una sèrie d'indicadors a partir de la bibliografia i d'estudis i recerques pròpies. Un primer grup fa referència a indicadors categòrics en els que es fa constar si han resultat afectats diferents elements en un episodi d'inundació, com són carreteres, vehicles, edificis, xarxes de subministrament, entre d'altres. Un segon grup d'indicadors quantitius on s'ha analitzat: les quanties de les indemnitzacions pagades pel Consorci de Compensació de Seguros, el nombre de notícies de premsa, l'àrea afectada i el nombre de víctimes mortals.

### **2.2. Representació geoespacial de totes les variables**

#### **2.2.1 Usos del sòl i precipitació**

Els mapes de cobertures del sòl de Catalunya (MCSC) són uns tipus de mapes digitals que comprenen els principals tipus de cobertes del sòl, amb una llegenda jeràrquica de 2 nivells i 1 subnivell per la primera edició, de 3 nivells i 1 subnivell per la segona edició, i de 5 nivells i un subnivell per la tercera i quarta edició. Hem escollit per a totes les edicions la llegenda de nivell 2 que correspon a 24 categories, ja que és el màxim de categories que té la 1a edició i la resta d'edicions tenen inclosa aquesta classificació. Les 24 categories inicials s'han agrupat en 7 categories finals seguint les taules d'escorrentia per diferents períodes de retorn proposades per Ven Te Chow et al.

(1988) (*Applied Hydrology*). En aquesta taula hi apareixen els coeficients d'escorrentia per cada un dels períodes de retorn escollits (2, 5, 10, 25, 50, 100 i 500 anys).

Els mapes de precipitació màxima diària esperada associada a diferents períodes de retorn s'han realitzat a partir d'una anàlisi escalar utilitzant dades procedents d'estacions pluviomètriques del Servei Meteorològic de Catalunya (SMC). Els mapes s'han tractat per l'AMB i s'han extret els valors mitjans de precipitació per cada un dels 36 municipis.

S'han representat els mapes d'inundacions a partir de la DB INUNGAMA, mapes d'indemnitzacions econòmiques del CCS, mapa de municipis afectats per episodis d'inundació, mapa de densitat de població i mapa de PIB municipal (global i per càpita).

A partir de la informació anterior s'han construït els mapes d'escorrentia municipal. Aquests mapes són un producte derivat que sorgeix a partir de la combinació/producte dels mapes de precipitació diària esperada per diferents períodes de retorn i els coeficients d'escorrentia mitjos de cada municipi. Això es fa per cada període de retorn i per cada edició. També s'ha fet per alguns casos d'inundacions, a fi de veure quina hauria estat l'escorrentia per diferents escenaris d'usos del sòl.

Finalment s'ha construït l'IMRD (Índex Municipal de Risc Dinàmic), mapa de risc combinant les diferents variables tractades.

### **2.2.2. Episodis d'inundació que han afectat l'AMB i distribució espacial**

S'ha representat en un mapa la distribució del nombre d'episodis d'inundacions per municipis de l'AMB pels períodes 1900-1980, 1981-2010 i 1900-2010 (Figura 1). Cal destacar la major concentració d'episodis en la zona costanera i en l'eix del Llobregat.

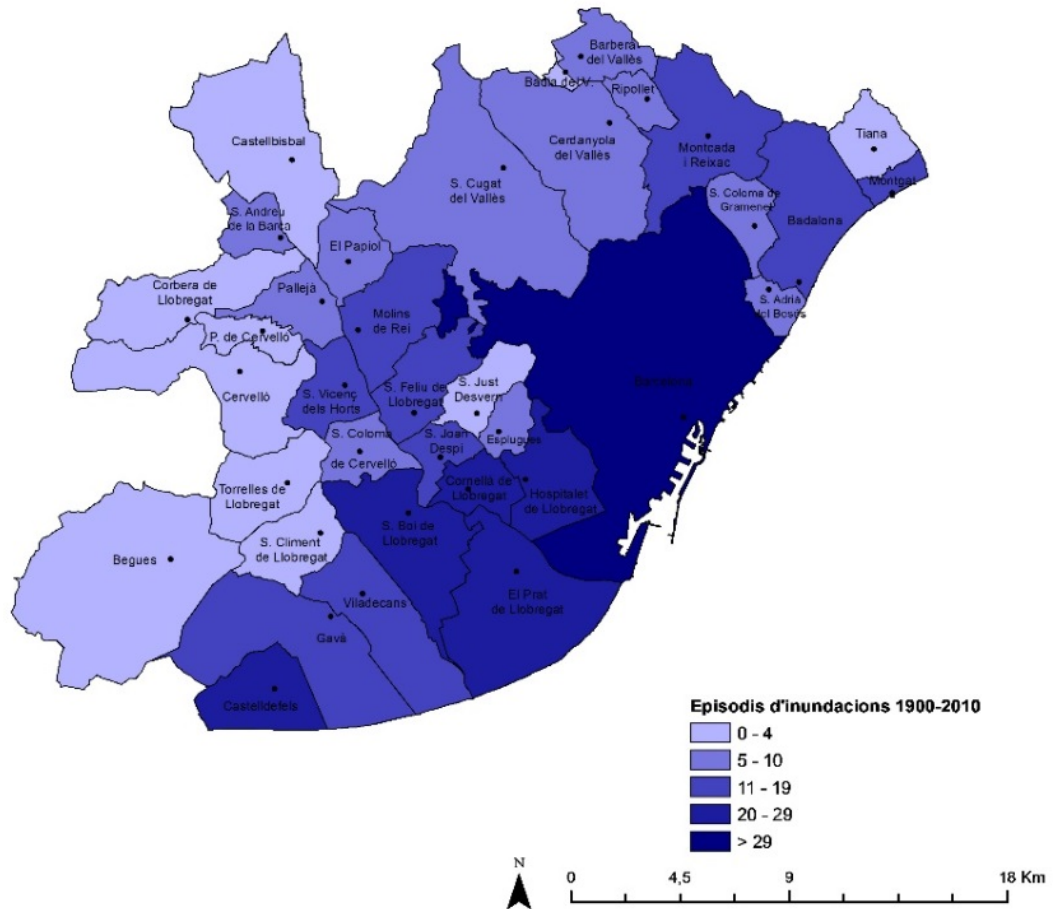


Figura 1. Nombre total d'episodis d'inundacions entre 1900 i 2010 que han afectat cada municipi de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

### 2.2.3. Nombre episodis d'inundacions i categoria AMB per municipis entre 1981 i 2010

S'ha identificat la categoria de cada episodi a nivell de l'AMB i s'han elaborat les cartografies del nombre d'episodis de categoria extraordinària i catastròfica a nivell municipal. Entre 1981 i 2010, dels 15 episodis catastròfics a Catalunya, 8 van ser també catastròfics a l'AMB (Figura 2).

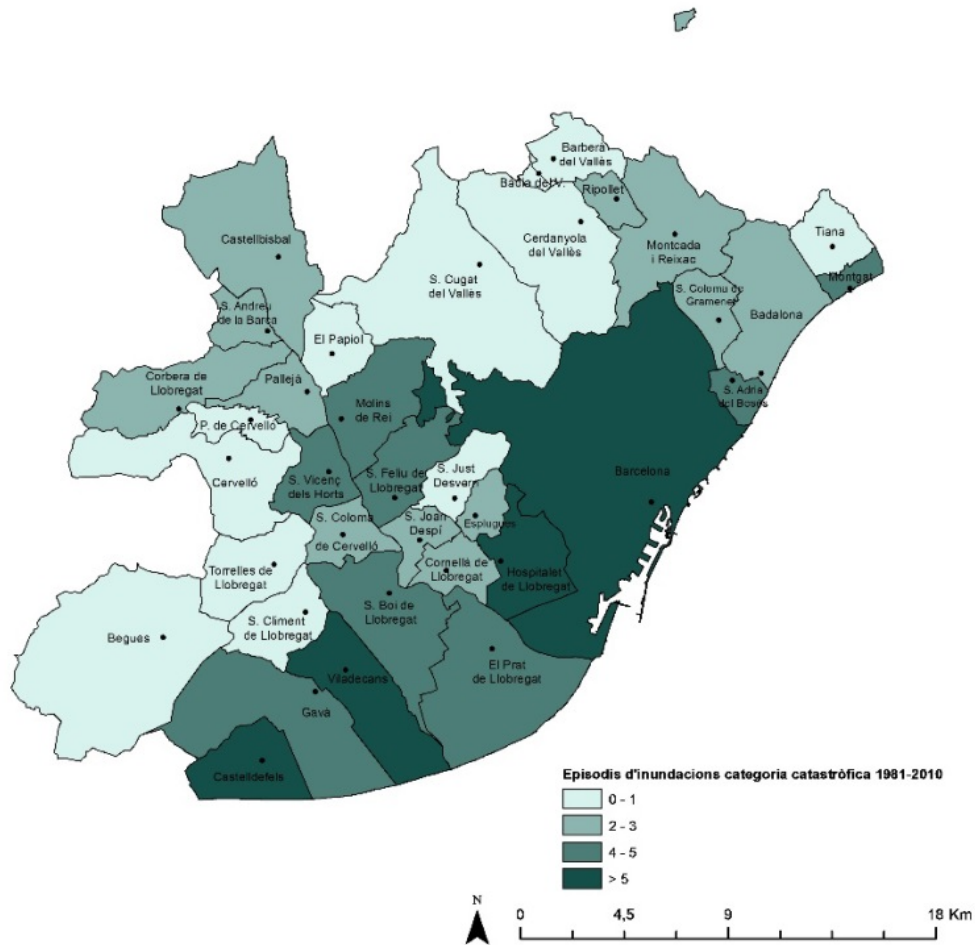


Figura 2. Nombre total d'episodis catastròfics per municipi 1981-2010

#### 2.2.4. Quanties pagades pel CCS a l'AMB per municipis 1996-2014

S'han analitzat les indemnitzacions del CCS pagades entre 1996 i 2014 a municipis de l'AMB, observant que els municipis de Barcelona, Castelldefels, Montcada i Reixac i Hospitalet de Llobregat suposen més del 60 % del total (Figura 3).

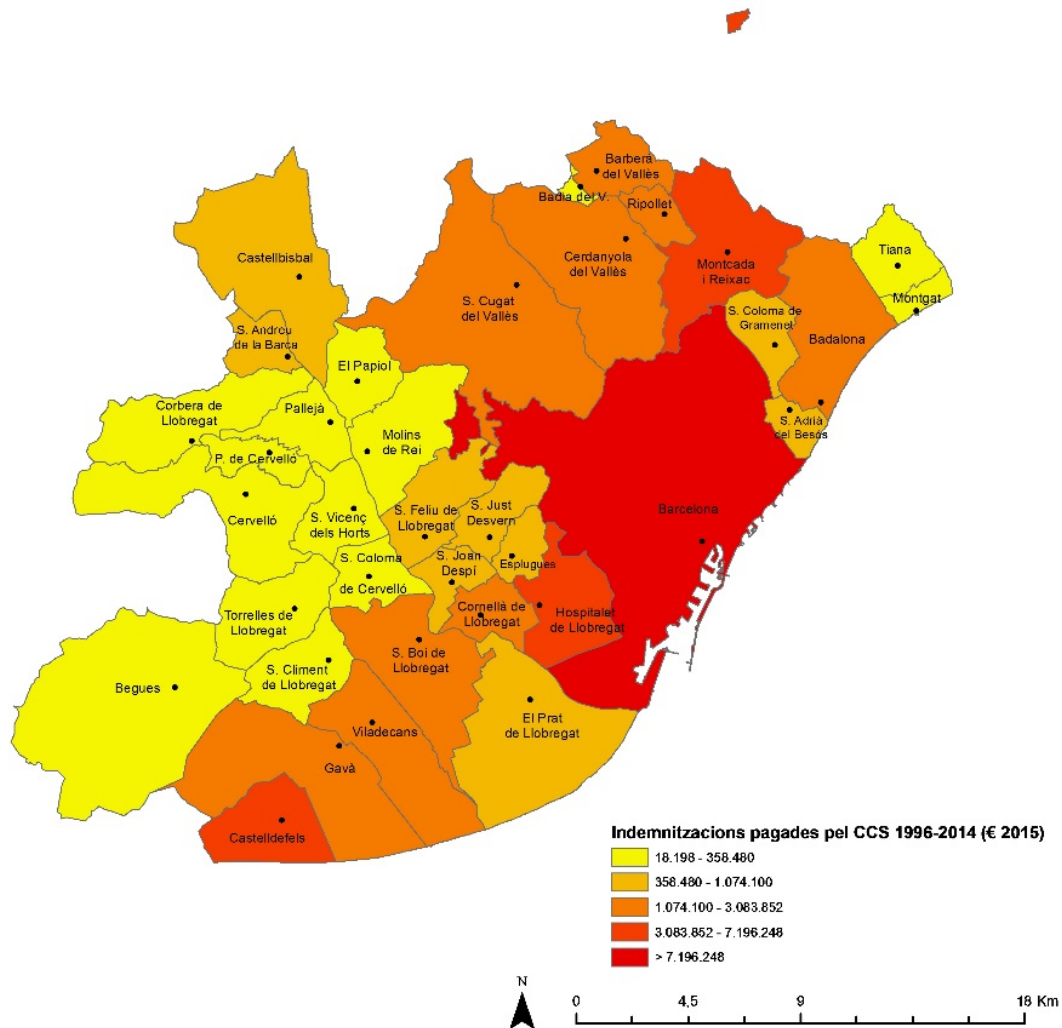


Figura 3. Mapa amb la distribució espacial de les indemnitzacions del CCS (Consortio de Compensació de Seguros) entre 1996 i 2014.

### 2.3. Anàlisi de les sèries històriques d'inundacions i del seu impacte

En el període 1900-2010 s'han produït 127 episodis, entre els quals destaca Barcelona que ha estat afectada per un 64% dels episodis seguida del Prat de Llobregat amb un 23%. Entre 1981 i 2010 s'han produït 97 episodis: un 65% d'aquests ha afectat a Barcelona, un 26% a Castelldefels i un 21% al Prat de Llobregat.

#### 2.3.1. Evolució anual episodis d'inundació

S'ha realitzat un anàlisi de l'evolució anual dels episodis d'inundació a l'AMB entre 1981 i 2010 diferenciant per categories. Aquest anàlisi s'ha realitzat tan a nivell de tota l'AMB com separant la ciutat de Barcelona de la resta de municipis. A l'AMB s'observa una lleugera tendència, si bé no és significativa estadísticament, que apunta cap a un augment dels episodis d'inundació que anualment afecten l'AMB (Figura 4). En el cas de la ciutat de Barcelona s'ha observat que els episodis extraordinaris i els catastròfics

presenten una tendència significativa de disminució de -0,2 i -0,1 episodis/dècada respectivament. En canvi, en el cas dels episodis que han afectat a l'AMB sense

Barcelona s'observa un increment que respon sobretot a un lleuger increment de les inundacions ordinàries però que no és significatiu.

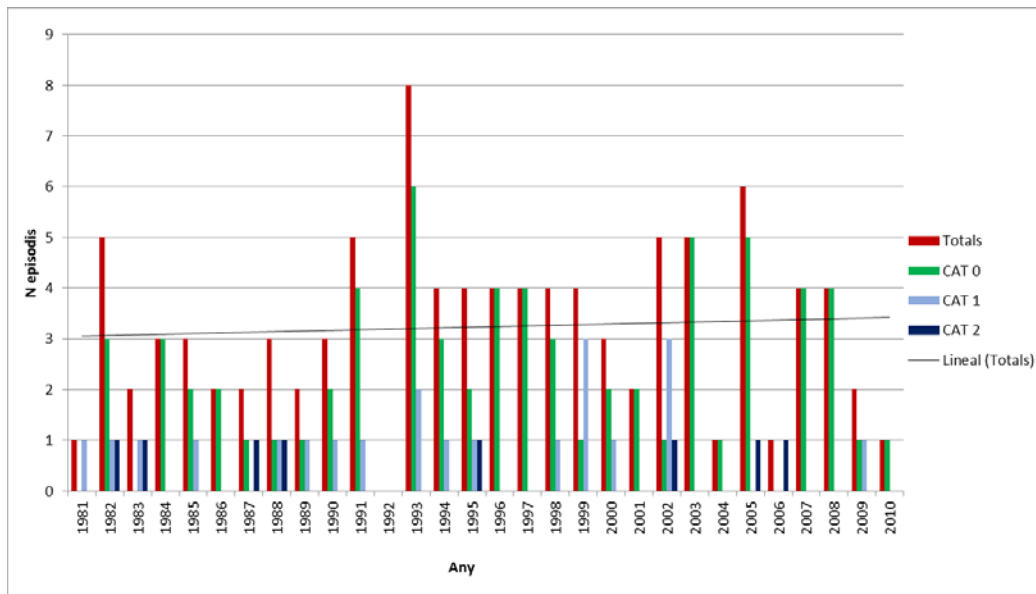


Figura 4. Evolució anual del nombre d'episodis d'inundacions total i per categories a l'AMB (categoria AMB, 1981-2010). CAT 0: Ordinaris; CAT 1: Extraordinaris; CAT 2: Catastròfics

### 2.3.2. Distribució mensual

A l'AMB, tal com passa en el conjunt de Catalunya, es produeixen inundacions majoritàriament en els últims mesos de l'estiu i mesos de tardor. De fet agost, setembre i octubre concentren més del 70 % (71,1%) de tots els episodis. En el cas de les inundacions catastròfiques, només s'han produït durant els mesos de setembre, octubre i novembre (Figura 5). El comportament dels episodis d'inundacions a Barcelona és similar a l'observat per a tota l'AMB. La majoria d'episodis extraordinaris, més del 50 %, es concentren en el trimestre juliol-agost-setembre. De fet el 75% es produeix entre els mesos d'agost a octubre. Del total d'episodis que han afectat a Barcelona un 70% són de caire ordinaris i un 25% extraordinaris.

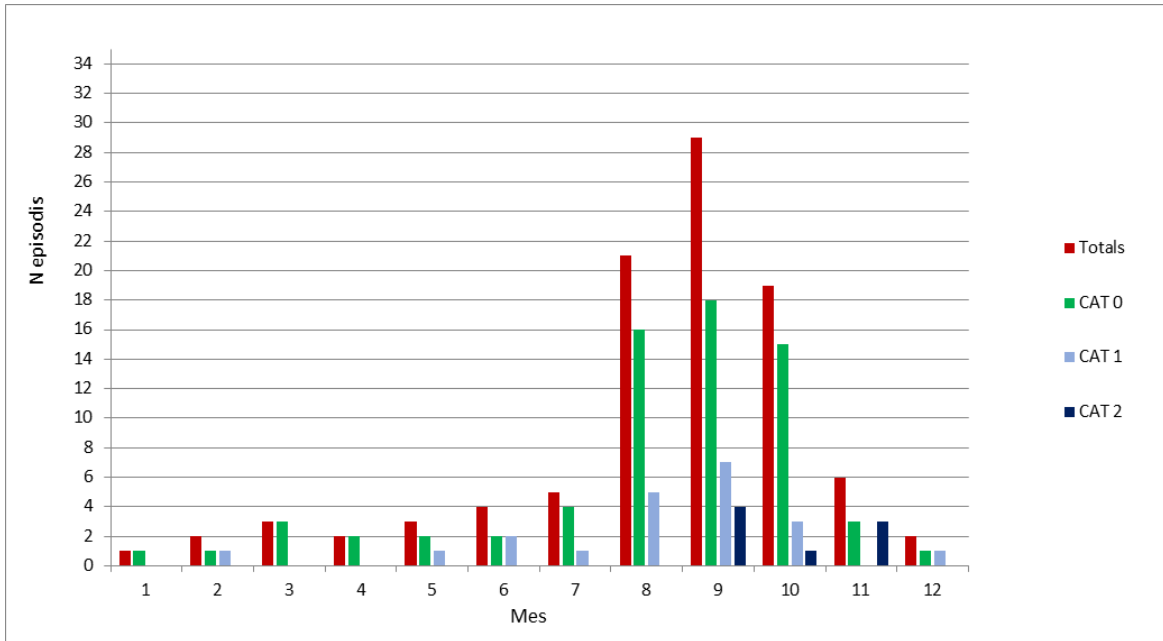


Figura 5. Distribució mensual d'episodis d'inundació a l'AMB entre 1981 i 2010 (la categoria correspon a la de l'episodi a nivell de l'AMB).

### 2.3.3. Indemnitzacions per inundacions pagades pel Consorci de Compensación de Seguros (CCS)

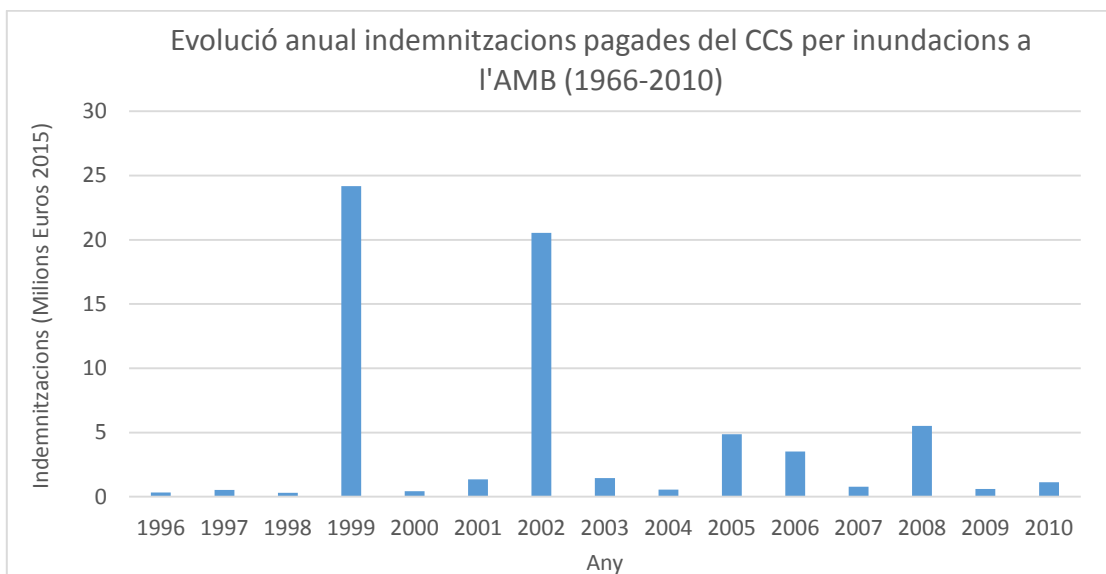


Figura 6. Quanties totals per any de les indemnitzacions del CCS associades a episodis AMB per anys 1996-2010 en Euros de 2015.

S'han calculat els totals anuals d'indemnitzacions pagades pel CCS per inundacions a tota l'AMB i per municipis (Figura 6). S'ha observat que la majoria de municipis de l'AMB presenten una tendència a la disminució de quanties pagades tot i que aquesta no és significativa. La ciutat de Barcelona és la que més indemnitzacions per inundacions acumula seguit de Montcada i Reixac, Castelldefels i Hospitalet de Llobregat.

### 2.3.4. Nombre municipis afectats i àrea afectada

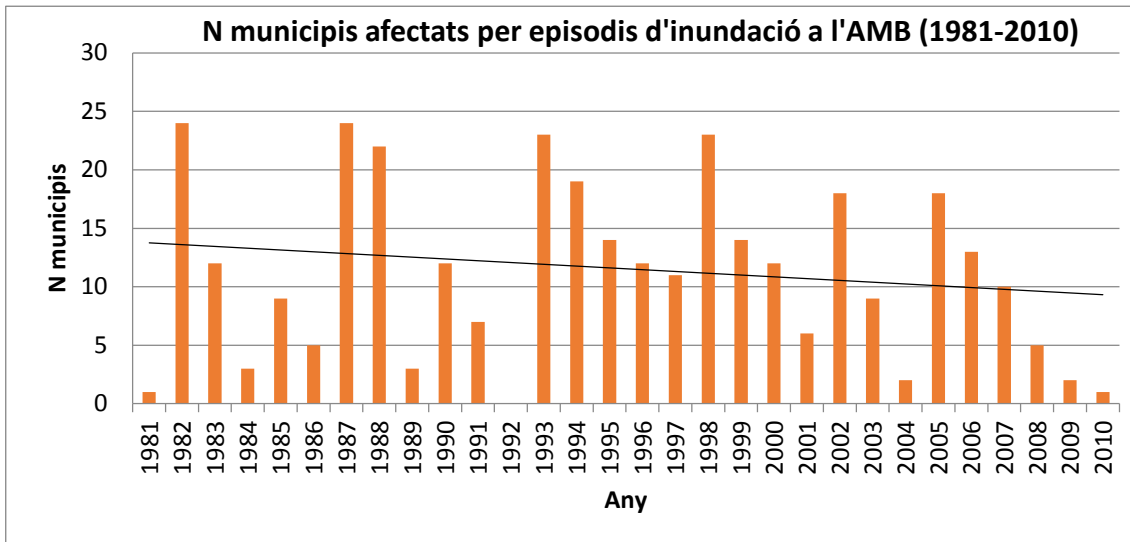


Figura 7. Nombre total de municipis de l'AMB que han estat afectats per inundacions cada any entre 1981 i 2010.

L'àrea afectada per cada episodi s'ha estimat mitjançant dos indicadors: el nombre de municipis afectats i l'índex d'Àrea afectada (IDA, Index Damaged Area), obtingut per cada un dels episodis. Per aquest període, s'observa una lleugera tendència a que el nombre de municipis afectats per inundacions a l'AMB disminueixi (Figura 7). Els episodis amb un valor IDA més elevat corresponen a episodis que van ser catastròfics a l'AMB.

### 2.3.5. Víctimes mortals

Un total d'11 persones han perdut la vida a l'AMB per inundacions entre 1981 i 2010. D'aquestes 11, 10 homes i 1 dona. 8 van ser arrossegats per l'aigua i 3 per accidents diversos. La major part dels episodis que han causat víctimes a l'AMB s'han produït entre els mesos de setembre a novembre. Aproximadament, el 50 % de les víctimes s'han produït en episodis de categoria catastròfica.

### 2.3.6. Nombre de notícies de premsa

S'ha analitzat el nombre de notícies publicades a *La Vanguardia* relacionades amb episodis d'inundacions que han afectat a l'AMB (Figura 8), ja que donen una certa idea de la percepció de la població. Si no es considera l'episodi catastròfic de novembre de 1982, on la majoria de les notícies parlen de les afectacions als Pirineus, s'observa un increment en el nombre de notícies al llarg del període. A nivell mensual el mes de novembre acumula el major nombre de notícies, un 26%, seguit d'octubre (22%) i agost i setembre, 18 i 17,8% respectivament.

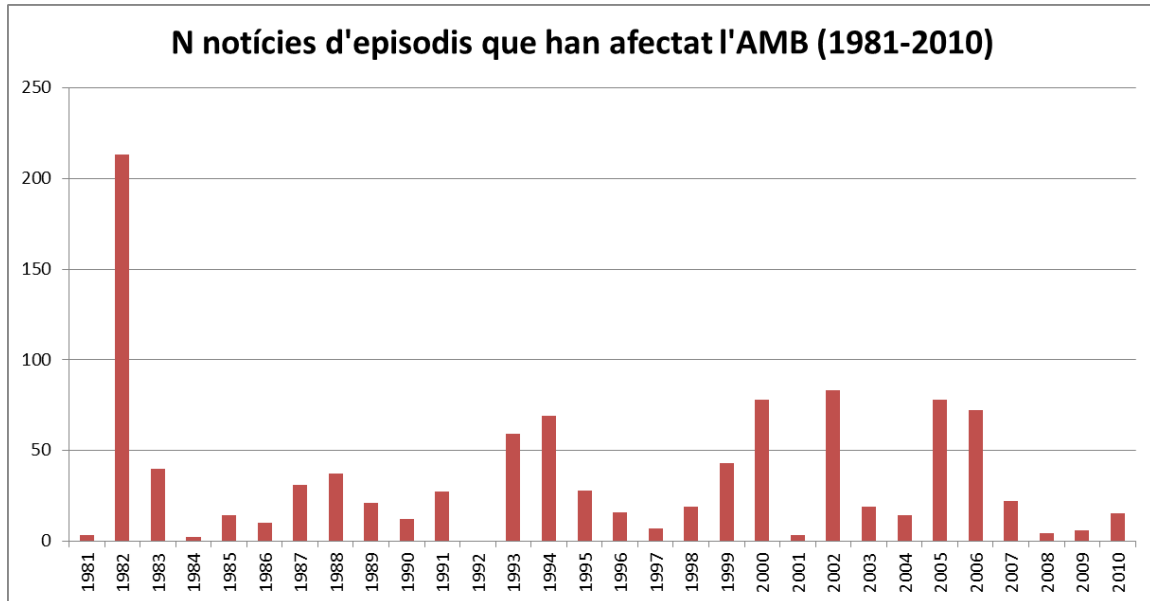


Figura 8. Evolució anual del nombre de notícies publicades a La Vanguardia sobre episodis que han afectat l'AMB.

## 2.4. Anàlisi de l'evolució urbanística

Disposem de la població absoluta i de la densitat de població des de 1950 (al 1956 hi ha la primera edició del MCSC). D'aquesta manera podem observar ja sigui en xifres o a partir de la cartografia obtinguda, el creixement urbanístic que ha experimentat l'AMB al llarg dels últims 60 anys. En general observem com durant la dècada dels 70 i 80 les densitats de població augmenten degut al procés d'industrialització. Barcelona d'altra banda és el municipi que no segueix la mateixa dinàmica de creixement constant, sinó que experimenta el seu màxim als 80 i després davalla lleugerament. Aquest saldo migratori negatiu o èxode barcelonès es reparteix als pobles i ciutats més petites circumdants de l'AMB i el Vallès que sempre han anat experimentant un creixement.

## 3. APROXIMACIÓ "TOP-DOWN": EVOLUCIÓ PRECIPITACIÓ

### 3.1. Anàlisi de l'evolució de la precipitació "extrema" i de la intensitat de precipitació

#### 3.1.1. La pluja convectiva: El paràmetre $\beta$

Aquest paràmetre serveix per conèixer la proporció de pluja convectiva respecte la total caiguda durant un període de temps concret (episodi, dia, mes, any...) El valor lliurar per discernir el caràcter convectiu de la precipitació s'estableix a una intensitat de 1 mm/min o 35 mm/h (Llasat et al., 2007). Els aiguats són produïts usualment per pluja convectiva.

La sèrie d'intensitat de pluja de Barcelona indica que el 18% de la precipitació anual a la ciutat és de caràcter convectiu. A més, la comparació de la sèrie d'inundacions catastròfiques registrades a l'AMB entre el 1996-2011 amb la del paràmetre  $\beta$  anual per a Barcelona mostra una correlació de 0.41 (significativitat del 95%). Terrassa, com

estació pròxima a l'AMB per la que es disposa de dades d'intensitat de pluja pel període d'estudi, presenta una tendència positiva en el nombre de dies convectius anuals. També mostra un increment de la quantitat de precipitació caiguda amb una intensitat per sobre de 35 mm/min. En aquest sentit trobem una tendència positiva en els episodis fortament convectius, que estarien associats a episodis d'alta intensitat però curta durada.

### **3.1.2 Climatologia de la precipitació Períodes de retorn**

S'han calculat els coeficients d'escorrentia mitjos i precipitació (associats a diferents períodes de retorn) per municipis, per cada una de les edicions de MCSC i per cada un dels períodes de retorn escollits. A partir d'aquests càlculs s'han extret els valors (en mm) d'escorrentia superficial mitjana per diferents períodes de retorn a escala municipal.

A grans trets observem que els màxims de precipitació (segons els períodes de retorn) els localitzem als municipis de l'interior de l'AMB, municipis que es troben a la Serra de Collserola i els inicis de les muntanyes de l'Ordal.

### **3.1.3 Extrems de precipitació**

Per caracteritzar els canvis de valors extrems de precipitació s'han calculat diversos índexs del ETCCDI, que són els utilitzats per la comunitat internacional, inclòs els estudis més recents de l'IPCC. Els índexs han estat: precipitació total (PRCPTOT), precipitació mitjana per dia de pluja (SDII), precipitació màxima en un dia (RX1DAY) i precipitació màxima cumulada en 5 dies (RX5DAY). Aquest anàlisi mostra que no s'observen tendències generals significatives estadísticament. Hi ha una excepció: l'Observatori Fabra mostra una tendència significativa positiva en l'índex SDII considerant tot el període disponible (1914-2010) però que és negativa si es consideren solament els últims 30 anys de la sèrie (1981-2010).

L'estudi dels extrems mitjançant la distribució de tipus GEV permet quantificar els valors de màxims diaris associats a diferents períodes de retorn. Considerant el mateix període per calcular les estadístiques, 1981-2010, observem diferències entre les sèries analitzades. Per exemple, la quantitat de precipitació associada a un període de retorn de 100 anys és de 179 mm en l'Aeroport, de 181mm a BCN, i 155mm al Fabra.

## **3.2 Anàlisi de la precipitació associada a episodis d'inundació o aiguats amb impactes importants**

S'han escollit vuit episodis que van produir inundacions catastròfiques des de 1950. A partir de la precipitació màxima en 24h registrada a l'AMB, s'han calculat els períodes de retorn de les pluges màximes a partir de les corbes de distribució de freqüència de les estacions del Fabra, l'Aeroport del Prat i Barcelona, ja que són les úniques disponibles amb un període suficientment llarg. També s'han comparat amb els

períodes de retorn a partir de la corba de distribució mitjana de l'AMB obtinguts a partir dels mapes de precipitació màxima esperada en 24h del SMC (T\_AMB\_SMC).

Espisodis	Pmax AMB	T_AMB_SMC	T_Fabra	T_Aeroport	T_BCN
<b>25/09/1962</b>	175	250	192	72	332
<b>18/09/1971</b>	270	500	500	500	500
<b>06/11/1982</b>	34	2	2	2	2
<b>06/11/1983</b>	102	10	9	6	11
<b>28/09/1987</b>	175	250	192	72	332
<b>08/11/1988</b>	197	500	489	155	500
<b>21/09/1995</b>	145	70	54	25	81
<b>08/10/2002</b>	174	250	184	69	316

Taula 2. Períodes de retorn associats als màxims de precipitació en 24h de l'AMB. Calculats a partir dels PPT del SMC, del Fabra, de l'aeroport i de la sèrie de Barcelona.

Es pot observar (Taula 2), que l'episodi del 1971 que va produir grans danys al Baix Llobregat sobretot al municipi de Cornellà de Llobregat, li correspon un període de 500 anys en tots els casos. En aquesta ciutat el nivell de les aigües va arribar a superar els 2,5 m en algun punt. També té un període de retorn de 500 anys l'episodi de 1988, si be va ser el de 1987 el que major quantitat de precipitació acumulada en va enregistrar en l'AMB (més de 400 mm en el Prat de Llobregat). En canvi, el cas extrem és el de novembre de 1982, amb un període de retorn de 500 anys a la zona Pirenenca i prepirinenca, i de 2 anys a l'AMB, ja que la precipitació va ser molt baixa en l'Àrea. En aquest cas els danys van ser deguts als desbordament de rius i rieres que venien amb valors de cabal molt elevats (períodes de retorn del cabal punta de més de 100 anys) degut a les grans quantitats de precipitació que es van registrar al Pirineu.

### 3.3. Cabals

Mitjançant les sèries llargues de cabal diari de Martorell i Sant Joan Despí, hem ajustat els màxims anuals en una corba de distribució (GEV) per tal de poder saber els períodes de retorn. Si sabem el període de retorn en qualsevol dels dos punts, podem carregar el model de l'ACA que ens mostra la taca d'inundació segons diferents períodes de retorn.

S'ha generat un boxplot (Figura 9) que relaciona els períodes de retorn del cabal mitjà diari a Martorell amb els impactes de les inundacions. Els episodis d'inundacions extraordinaris tenen una mitjana propera a zero, ja que la major part són per inundacions in situ. Els catastròfics la tenen propera a 10 anys, amb valors màxims pel

cabal mitjà diari de l'episodi propers al període de retorn de 60 anys, si be els cabals punta que es van assolir superen els 500 anys en els episodis de 1971 i 1982.

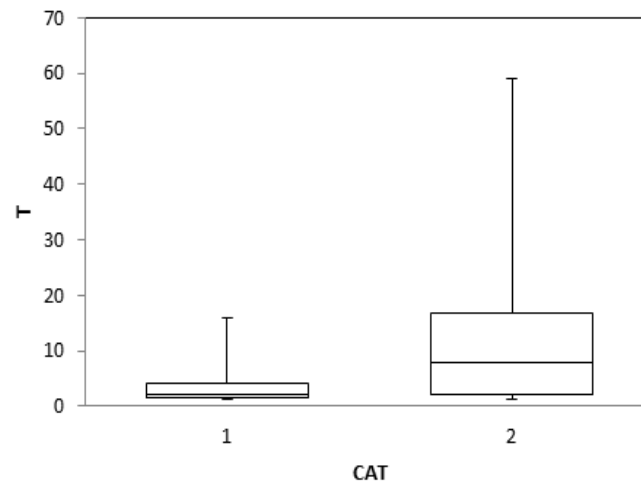


Figura 9. Boxplot de períodes de retorn en funció de les categories 1 (extraordinàries) i 2 (catastròfiques) dels episodis d'inundació

### 3.4. Escenaris futurs

En aquest estudi s'han analitzat 11 models climàtics regionals fins a 20150, que en anàlisis previs han mostrat que són capaços de reproduir les característiques del clima present (Turco et al, 2011). Aquest conjunt de models indica una disminució en la precipitació mitjana (sense que sigui estadísticament significatiu) i un senyal estacionari dels índexs de precipitació extrema, tal com s'observa en la Figura 10 on la línia negra representa el valor mitjà de la pluja màxima diària anual.

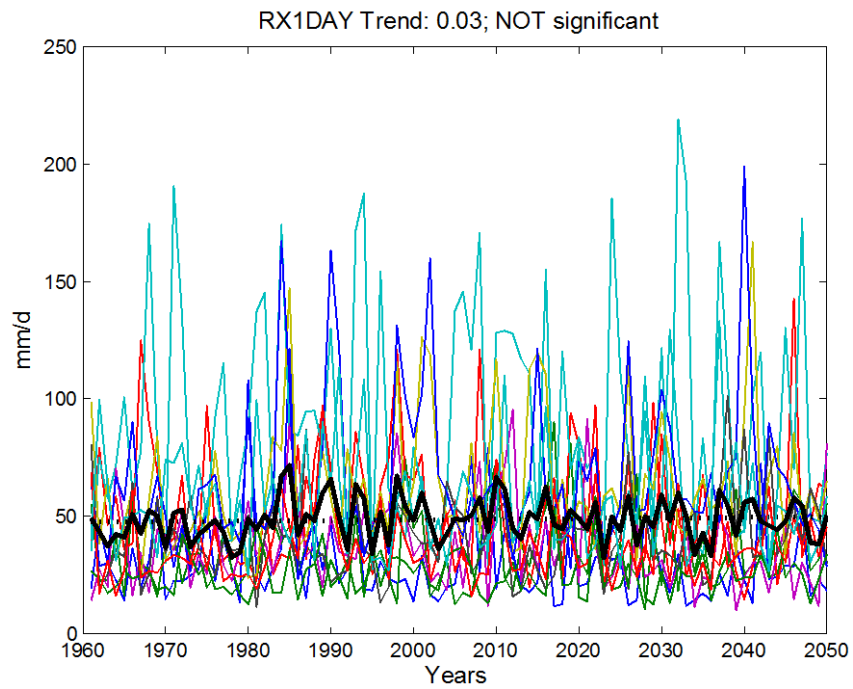


Figura 10. ENSEMBLES RX1DAY.

#### 4. INTEGRACIÓ DE LES APROXIMACIONS “BOTTOM-UP” I “TOP-DOWN”

##### 4.1 comparació entre les distribucions espai-temporals

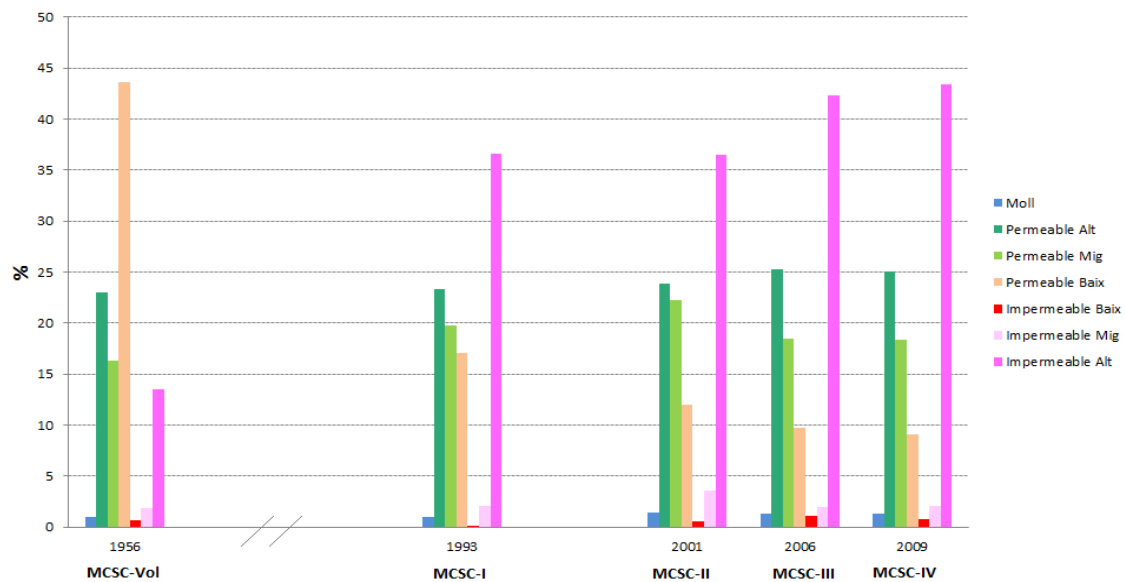


Figura 11. Evolució superfícies de la classificació de 7 categories, segons la seva permeabilitat. Cada període temporal coincideix en una edició del mapa de cobertures.

S'observa (Figura 11) que la superfície boscosa (permeable alt) s'ha incrementat lleugerament al llarg dels anys. Els matollars i els prats (permeable mig) van experimentar un augment fins a principis del segle XXI, en que pràcticament es va arribar al 25% de la superfície de l'AMB, per experimentar una recessió fins al 2006. Per altra banda els conreus (permeable baix) disminueixen fins a un 35% la seva superfície en detriment, principalment, dels sòls urbans i vies de comunicació (impermeable alt), i en menor mesura pels boscos, matollars i herbassars.

Les altres tres categories no arriben al 5% de la superfície, però s'ha vist necessari separar-la ja que els coeficients d'escolament varien i en algun municipi en concret aquestes superfícies poden ser rellevants.

L'augment de la superfície impermeable alt (de menys d'un 15% al 1956 a prop del 40% al 2009) està relacionat amb l'augment observat dels episodis d'inundacions a l'AMB tan des de 1900 a 2010 com de 1981 a 2010 (Figura 4). En aquest últim període, la tendència és positiva però no significativa.

## **4.2. Integració holística de les diferents variables**

### **4.2.1. Relació entre convectivitat i categoria**

Tots els episodis d'inundacions enregistrats a AMB estan produïts per precipitacions amb una contribució major o menor de precipitació convectiva (la intensitat de pluja 5-minutal supera en algun moment els 35 mm/h). En el cas dels catastròfics, en un 50% dels casos aquesta contribució supera el 60%, i en tots ells, supera el 30%. En els episodis extraordinaris, generalment més curts, el percentatge de precipitació convectiva supera el 50% en un 75% dels casos. Això és degut a que en la majoria dels casos les inundacions extraordinàries pertanyen a episodis més curts i més convectius i les catastròfiques duren més i per això la part de contribució de la convecció és menor.

### **4.2.2. Anàlisi de l'escorrentia**

Degut als canvis de cobertura del sòl, s'observen diferències molt contrastades per les diferents edicions de MCSC, es a dir, els diferents anys, que poden arribar a ser de l'ordre de 20-40mm en un mateix municipi (Figura 12). També observem que tot i que les màximes precipitacions es localitzessin a l'interior, en canvi els municipis amb més impermeabilitat els localitzem principalment tocant la costa o Barcelona. Aquest fet significarà que tot i que, dins una òptica climàtica plogui més a l'interior, tindrem quantitats d'escorrentia més elevades a la costa. Ho podem veure molt ben exposat a les taules 13 i 14 de l'informe.

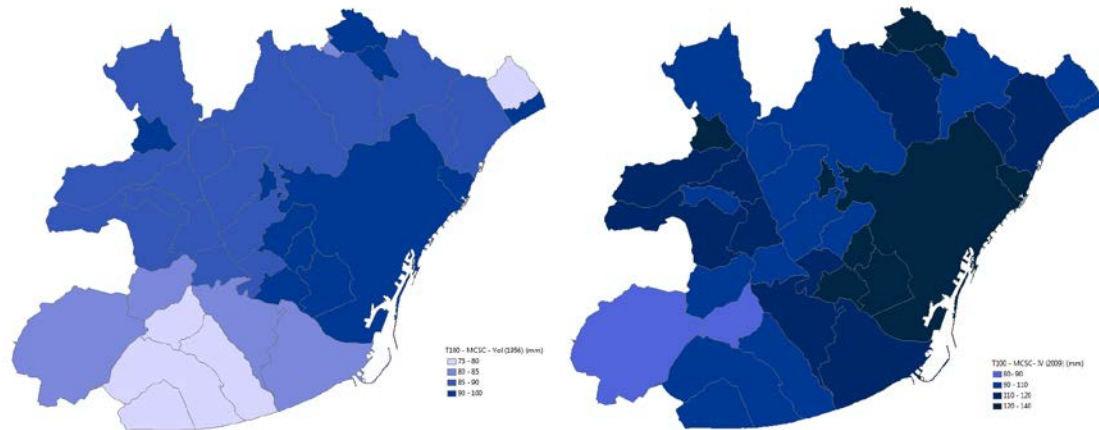


Figura 12. Mapes d'escorrentia (mm) pel període de retorn de 100 anys (edició de 1956-dreta i edició de 2009-esquerra).

### 4.2.3. Índex IMRD

S'ha desenvolupat un índex específic per aquest estudi, l'IMRD. L'índex parteix de l'equació següent:  $RISC = PERILLOSITAT \times VULNERABILITAT$ . Les variables analitzades són:

- La **perillositat**, entesa com la probabilitat de que un fenomen d'una determinada magnitud es produeixi (essencialment es refereix al "fenomen natural"). En aquest cas hem seleccionat la *freqüència de precipitació* (períodes de retorn associats a la precipitació màxima en 24h de l'episodi - PPT) i la *intensitat de precipitació* en 1h (I), com a variables determinants en un territori de la conca del Mediterrani com és l'AMB.
- La **vulnerabilitat** l'entendem com tots els bens que puguin experimentar impactes negatius degut, en aquest cas, a les pluges forte si inundacions (característiques subjectes a la població del territori, exposició, etc). En aquesta escala hem seleccionat el *coeficient d'escorrentia mitjà* (Ce) del municipi associat al seu període de retorn (vinculat amb les cobertures i usos del sòl) i la *densitat de població* i el *PIB per càpita* del municipi (aquestes últimes s'analitzen de forma conjunta, formant una *variable social* (VS)).

$$IMRD = \frac{(1 + PPT + I) \times (1 + Ce + VS)}{9}$$

L'índex (Figura 13) que es proposa, no és un índex de risc com el que proposa Protecció Civil i que remarca les zones més vulnerables i de més risc, sinó que pretén ser un índex dinàmic que permet classificar casos d'inundacions passades o situacions sinòptiques potencialment perilloses atenent a la pluja esperada.

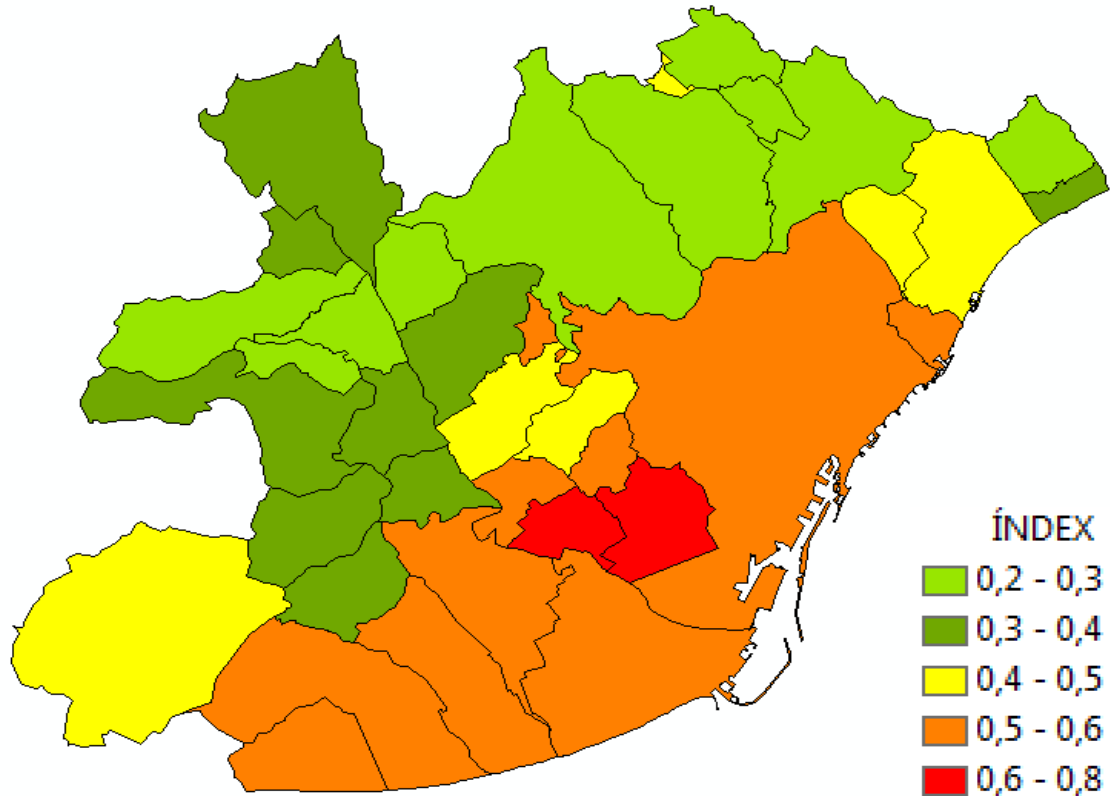


Figura 13. IMRD pel cas d'estudi de Castelldefels de 2002.

### 4.3. Definició de llinars de perillositat associats a impactes

Boxplot	CAT 1	CAT 2	T CAT1 AMB	T CAT2 AMB	T CAT1 Fab	T CAT2 Fab	T CAT1 Aero	T CAT2 Aero	T1 CAT BCN	T CAT2 BCN
<b>Mínim</b>	60	102	2	10	2	9	2	6	2	11
<b>Q1</b>	65	126	2	25	2	24	2	13	2	33
<b>Mediana</b>	74	169	5	190	3	151	3	59	3	255
<b>Q3</b>	88	197	7	500	5	489	4	155	6	500
<b>Màxim</b>	135	270	50	500	35	500	18	500	50	500

Taula 3. Llinars de precipitació associats als impactes de les inundacions, pels diferents observatoris i per tota l'AMB. Mín=valor mínim absolut; Q1=cuartil 1(25%); M=mitjana (50%); Q3=cuartil 3 (75%); Màx=valor màxim absolut. CAT1 i T1 es refereixen als episodis extraordinaris i CAT2 i T2, als episodis catastròfics.

En aquesta taula observem els períodes de retorn associats als diferents llinars de precipitació en episodis que han produït inundacions (mínim, màxim i els quartils). Per cada episodi s'ha pres la precipitació màxima enregistrada en el mateix, en 24 hores, en alguna estació d'AMB. És interessant veure que per a que es produeixin inundacions catastròfiques s'ha de superar el llinar de 100 mm, i extraordinàries, aproximadament el de 60 mm. Els períodes de retorn s'han calculat respecte les sèries del Fabra, Aeroport del Prat i Barcelona, així com per la sèrie mitjana d'AMB.

Observem (Taula 3) que les diferències en tots els observatoris i per tota l'AMB són molt marcades. En les inundacions catastròfiques els períodes de retorn mínims són aproximadament de 10 anys en detriment dels 2 anys per les extraordinàries. A partir del 3r quartil la majoria de les inundacions catastròfiques tenen períodes de retorn d'uns 500 anys, i en canvi les inundacions extraordinàries no superen els 10.

#### 4.4. Escenaris futurs

L'anàlisi d'escenaris futurs A1B ha contemplat com variarien els períodes de retorn pel període 2011-2050 en comparació amb el període 1961-2000, considerant la mitjana dels RCMs (Taula 4). Per aquest motiu s'indica també els valors màxims i mínims. En tots els casos, el valor mitjà és pràcticament igual a l'actual. Les pluges de període de retorn de 10 anys, que pel que hem vist anteriorment podrien produir inundacions ordinàries o extraordinàries, podrien augmentar en freqüència si considerem els valors més alts proporcionats pels models, però també disminuir si considerem els models que donen resultats inferiors.

Finalment, els resultats de les anàlisis GEV indiquen que no hi ha canvis significatiu en els extrems i relatius períodes de retorn tot i que hi ha molta diferència entre els valors dels 11RCMs.

Períodes de retorn (anys)	Períodes analitzats	Quantitat de precipitació (mm)
<b>10</b>	Fabra (1961-2000)	105
	RCMs (2011-2050)	<sub>53</sub> 104 <sup>159</sup>
<b>25</b>	Fabra (1961-2000)	128
	RCMs (2011-2050)	<sub>64</sub> 128 <sup>197</sup>
<b>50</b>	Fabra (1961-2000)	146
	RCMs (2011-2050)	<sub>72</sub> 145 <sup>225</sup>
<b>100</b>	Fabra (1961-2000)	163
	RCMs (2011-2050)	<sub>80</sub> 162 <sup>253</sup>
<b>500</b>	Fabra (1961-2000)	204
	RCMs (2011-2050)	<sub>98</sub> 202 <sup>318</sup>

Taula 4. Precipitació mitjana associada a diferents períodes de retorn al Fabra (1961-2000) i la esperada segons els RCMs.

#### 4.5. Punts d'especial interès: El Prat de Llobregat, Viladecans i Santa Coloma de Gramenet

Pels municipis seleccionats s'han fet els mateixos estudis però en una escala de detall més alta. Els processos han estat similars per aquests tres municipis, que s'han tingut més en compte en el següent subapartat. S'han representat també les zones inundables pels diferents períodes de retorn a partir d'informació generada per l'ACA

#### 4.6. Proposta de millora en les mesures d'adaptació i mitigació, en el context del PSAMB

Per la seva extensió i importància, aquest punt es comenta detalladament en el capítol 6

## 5. EINES DE DIVULGACIÓ I SENSIBILITZACIÓ DE LA POBLACIÓ ENFRONT EL RISC D'INUNDACIONS

- Preparació de material gràfic de suport
- Eines per la participació ciutadana
- Utilització de la plataforma La Rambla i les eines desenvolupadores en el projecte FLOOD-UP.

Aquests tres punts s'han integrat de manera transversal a tot el projecte amb la preparació de figures i fotografies per il·lustrar conceptes i episodis. A l'annex es pot trobar un **recull de fitxes d'episodis catastròfics** seleccionats acompanyat de fotografies, aquestes fotografies permeten estimar els danys i impactes ocasionats per les inundacions. S'ha preparat un **dossier pedagògic** amb explicacions per al públic general acompanyades de propostes pràctiques per incentivar la participació. Aquestes es basen en les eines i plataformes desenvolupades en els projectes La Rambla i FLOOD-UP així com en l'ús de l'aplicació FLOODUP com a eina i canal de participació.

## 6. REFLEXIÓ I PROPOSTES A CONSIDERAR EN EL PLA D'ADAPTACIÓ DE L'ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA I PLANS D'ADAPTACIÓ A ESCALA MUNICIPAL

A més de les conclusions mostrades en els apartats anteriors, considerem oportú afegir les següents consideracions.

L'estudi ha mostrat un cert augment d'inundacions a l'AMB sense considerar el municipi de Barcelona (pel qual n'hi ha una disminució) principalment per pluges in situ, i a conseqüència principalment del canvi d'usos del sol i augment de la cobertura impermeable. L'augment de l'exposició i vulnerabilitat en determinats municipis ha portat també a l'augment dels impactes. Finalment, la disminució del grau de tolerància de la població envers les incomoditats i alteració del ritme quotidià, per episodis de pluges intenses i inundacions, unit a l'augment de cobertura periodística, ha portat a intensificar la percepció de que aquests episodis i els seus impactes són cada cop més freqüents i greus. Aquestes conclusions apunten a la necessitat de mantenir i augmentar en el possible la superfície permeable, i, pel contrari ser molt curosos en l'augment de zones urbanes evitant sempre l'ocupació d'espais inundables.

Tanmateix no s'observa cap tendència dels extrems de la precipitació. A partir de les dades 5-minutals a Terrassa es pot destacar un possible augment de la precipitació de caràcter convectiu en els darrers anys, que estaria associada sobre tot a aiguats més intensos i de curta durada. Els escenaris futurs, fins l'any 2050 no mostren cap canvi pels valors migs de precipitació en un dia, pels diferents períodes de retorn, si be la incertesa és molt gran. Això implica que els dimensionaments actuals dels dipòsits d'aigües pluvials, de moment no requereixen modificacions, o, millor dit, no existeixen encara resultats que poguessin justificar aquestes accions. Això no implica que episodis produïts en el passat, com el de 1971 o 1988, amb períodes de retorn propers als 500 anys, no es puguin tornar a produir, i per tant, s'han de tenir presents. D'altra banda, si que es possible que aiguats molt curts i locals s'incrementin en freqüència i intensitat. Això implica una millora del sistema d'alerta primerenca i la detecció de "punts

negres” on per les seves característiques geomorfològiques, usos del sòl o vulnerabilitat, representin un major risc en front aquest tipus d’aiguat.

La major part de víctimes per inundacions i una gran part dels danys es podria reduir amb una major autoprotecció i coresponsabilitat de la població. La ciutat de Barcelona està considerada com Ciudad model per Nacions Unides pel que fa a la xarxa de drenatge, dipòsits d’aigües pluvials, etc, però tanmateix no supera la mínima puntuació pel que fa a la divulgació i coneixement per part de la població del risc d’inundació i de com procedir en el cas d’inundacions. En aquest sentit, seria convenient que tota l’Àrea Metropolitana pogués ser reconeguda per Nacions Unides com a conjunt de municipis resilient, contemplant mesures estructurals i no estructurals, incloent-hi la participació ciutadana com agent actiu, i el coneixement del risc mitjançant activitats de recuperació de la memòria històrica, lúdiques, formatives, etc...

Es necessari plantejar un canvi de mentalitat en l’estratègia de recollida i conducció de les aigües de pluja. L’aigua de pluja no és aigua residual. No s’ha de recollir i eliminar, s’ha de conduir cap a espais naturals i cursos fluvials a on acabi de fer la seva funció. Es per tant necessari tenir present la laminació natural de les avingudes i implementació de la recàrrega natural dels aqüífers.

Les xarxes de sanejament existents són quasi en exclusiva de caràcter unitari. Aigües residuals i pluvials es recullen i evacuen juntes. Tanmateix els darrers 40 anys s’ha invertit molt en matèria de sanejament i transformar aquestes xarxes en separatives seria d’un cost i una complexitat extremes. Per tant, és millor pensar en formes de gestionar les grans avingudes, els episodis de pluges excepcionals, a partir d’aquesta realitat. Les xarxes de sanejament condueixen les aigües residuals i pluvials cap a les EDAR. Aquestes estacions són part fonamental del sistema de reciclatge de l’aigua. Cal doncs protegir-les dels efectes de les grans avingudes per tal de preservar la seva capacitat de tractament de les aigües residuals. Els dipòsits anti-DSU (descàrrega del

sistema unitari) es converteixen en peça bàsica en àrees fortament urbanitzades i amb les xarxes de sanejament, bàsicament unitàries, ja implantades. Aquests dipòsits no haurien de ser dipòsits ni basses de laminació, sinó dipòsits que evitin que les aigües residuals barrejades amb les de pluja acabin directament als cursos fluvials per efecte de les grans avingudes, però permetent que a partir d’un cert volum les aigües de pluja raonablement separades per decantació de les aigües residuals, vagin als cursos fluvials enlloc d’anar a les EDAR. Els cabals retinguts mantindrien el seu flux cap a les EDAR amb normalitat.

Respecte al el Pla d’Adaptació al Canvi Climàtic de l’AMB, es proposen les següents consideracions:

Aquest Pla és al nostre parer, pel que fa al risc d’inundació, un document esbiaixat cap a fomentar les mesures d’augment de la capacitat dels sistemes de clavegueram urbans. Aquest biaix es fa palès a molts moments del document, tant a l’estudi dels riscos com a les propostes d’accions o d’adaptacions. Això està molt vinculat, d’altra banda, als abocaments d’aigües no depurades en episodis de tempesta. Així, quan descriu l’aportació de l’AMB a l’Estratègia Catalana d’Adaptació al Canvi Climàtic 2013-

2020 (ESCACC), es diu que “s’ha inclòs en el capítol relatiu a mitigació- adaptació una nova mesura relacionada amb els dipòsits anti-descàrrega del sistema unitari implantats en algunes ciutats de l’AMB, que disminueixen el risc d’inundacions i garanteixen la qualitat de l’aigua de bany, a més a més de regular el flux de cabal d’entrada a les depuradores”. És sens dubte un assumpte important lligat als episodis d’inundació, però no l’únic.

En suport d’aquesta especialització en mesures de clavegueram, es cert que a l’enquesta que apareix a les pàgines 39-40 del Pla d’Adaptació, feta a set municipis de l’Àrea, resulta una majoria d’opinions de que les inundacions afecten al municipi i concretament: “a causa especialment de manca de capacitat de clavegueram i no per desbordament del riu” i per a les quals s’expressa l’opinió de que les accions necessàries són: “basses de laminació de pluvials, desviacions dels cursos fluvials, millora de la capacitat del clavegueram i neteja d’embornals”.

Pensem que la cura del medi ambient metropolità, competència de l’AMB, és un tipus de servei, de caire ambiental, que li és propi a l’entitat supramunicipal. Els territoris naturals dels municipis, sovint a les capçaleres de les conques i també a parts baixes d’aiguamoll, i els trams dels cursos fluvials abans d’arribar a les ciutats mereixen l’atenció i mesures de conservació. D’altra banda, l’augment de la capacitat del clavegueram no fas res per reduir la producció d’escolament, ans al contrari sembla enviar el missatge de que es continuaran fent les inversions públiques que calgui per a solucionar el problema. És una política només d’augment de l’oferta. Aquesta situació s’assembla a la que s’hi estableix entre oferta d’infraestructura viària i trànsit, el qual creix esperonat per l’oferta.

La pràctica de la urbanització al mon desenvolupat ha anat evolucionant en les últimes dècades cap a la responsabilitat del promotor respecte al serveis que necessitarà (aigua, energia...) i als impactes que produirà (escolament...). En aquest sentit, es troba a faltar al Pla d’Adaptació la referència a dos conceptes:

**i)** una urbanització que apliqui mesures de reducció de l’escolament (escorrentia), com ara paviments permeables on sigui possible (voreres, calçades...) o programes de gestió de les aigües caigudes sobre edificis (ni que sigui programes pilot), que seguint la comparació anterior, formarien una política sobre la “demanda”.

En justícia, a la fitxa de riscos B.4 es reconeix: “als darrers anys la freqüència i la intensitat de les riuades s’ha anat incrementant amb la urbanització i pavimentació ja sigui per l’augment de l’escorrentia com per la reducció de la capacitat de laminació” (p.135), però no es troba més tard cap mesura concreta en aquest sentit. De fet, a la pàgina 171 les mesures són:

*B.4.1. Adequar els processos i les instal·lacions de les EDAR a les condicions meteorològiques previstes.*

*B.4.2. Completar la xarxa de dipòsits anti-DSU i de pluvials de l’àrea metropolitana (ESCACC) i estudiar la necessitat d’adequar els existents als nous escenaris climàtics.*

*B.4.3. Col·laborar amb els ajuntaments en la redacció de plans municipals de clavegueram*

Respecte a aquestes accions, la B.4.1 s'hauria de reformular sota la perspectiva i les propostes bàsiques abans exposades, implementar la xarxa de dipòsits anti-DSU però repensar l'estratègia quan a la laminació d'avingudes. El seu cost hauria de ser sensiblement menor que el d'una xarxa de dipòsits de laminació. I atenent la seva menor grandària respecte dels dipòsits de laminació, els costos de manteniment també haurien de ser menors.

**ii)** una intervenció de rehabilitació o restauració dels cursos fluvials que respecti o recuperi els seus valor naturals al mateix temps que contribueixi a la lluita contra les inundacions. Segons l'enquesta esmentada cal fer "desviacions dels cursos fluvials", cosa que molt sovint vol dir destrucció de valors naturals, canalitzacions, reducció de la diversitat física (rectificacions, eliminació de corbes...) Al contrari, és possible conservar o restaurar contribuint a reduir les inundacions.

En el sentit de la última frase, la laminació natural de les crescudes quan les aigües ocupen les planes d'inundació naturals (recarregant a més aqüífers)

redueix els cabals que rep la xarxa de clavegueram urbana. Per tant, aquestes zones inundables són beneficioses. La canalització d'aquests cursos, en canvi, agreuja el problema aigües avall. La construcció de soleres de formigó per a les rieres, que suprimeixen qualsevol filtració, elimina el benefici de la pèrdua progressiva de cabal d'aigua en el flux de rieres efímeres. Així doncs, la naturalització (restauració) de cursos abans canalitzats i, encara més, la formació de àrees inundables expressament en petites depressions ex-professo són mesures ambientals més interessants que les obres d'augment de capacitat del clavegueram. A més, aquest tipus d'obres de clavegueram són molt costoses: acostumen a monopolitzar els Plans, que esdevenen més aviat plans d'obres públiques. Al Pla que analitzem es dediquen a dipòsits anti-descàrrega 400.000 euros, xifra que destaca enfront a moltes altres molt més petites.

Val a dir que la paraula 'restauració' només apareix quan es tracta de cabals mínims (p.181), i es diu "creació de meandres i zones de laminació... per a la depuració natural" (i apareix també a propòsit de la protecció del riu Llobregat, molt necessària, per a la qual el pressupost és 0 — 150.000 euros). Per tant, no es vincula la naturalització amb les inundacions. El concepte més proper és el "manteniment de torrents i rieres" (p.184) en el qual certament es parla de connectivitat ecològica.

En aquest sentit, l'acció A.1.3 "*Estudiar la creació de meandres o zones de laminació que facilitin la depuració natural de l'aigua ...*" s'hauria d'emmarcar en un plantejament més ambiciós per al canvi de mentalitat sobre la recollida i conducció de les aigües de pluja:

- Recuperar permeabilitat per al territori.
- Convertir els cursos de rius i rieres en un gran sistema d'espais lliures i zones verdes aptes per al pas de grans cabals puntuals sense necessitat de confinament (canalitzacions) a on encara sigui possible.

- Configurar aquests espais lliures i determinats espais rurals per a millorar la capacitat de laminació natural i de recàrrega dels aqüífers.
- Plantejar les actuacions d'obra pública en general i les de sanejament en particular sota el concepte de recuperació i preservació com a àrees lliures d'aquelles zones que orogràficament siguin més adequades per al pas de les aigües superficials. Evitant efectes canalització que puguin afavorir inundacions i/o reduir la capacitat de recàrrega dels aqüífers.
- Configurar els parcs urbans perquè puguin retenir part de les aigües de pluja (laminació natural, increment de la permeabilitat, disminució de l'escolament)

Finalment, al Pla d'Actuació es tracta també de la intrusió salina. Entre les causes de la intrusió salina al delta del Llobregat no s'esmenta la fondària injustificable del canal de desviament del riu Llobregat inaugurat cap al 2007. Aquesta gran "rasa", un veritable estuari en el Mediterrani, no té res a veure amb la morfologia pròpia de la desembocadura d'un riu de la mida del Llobregat, que és més aviat la circulació de l'aigua per sobre d'una barra litoral amb continuïtat amb una platja. Hi ha indicis de que arran de la excavació d'aquesta llera del desviament el problema de la intrusió salina s'ha agreujat. La barrera hidràulica per a lluitar contra la salinització conseqüent costa ni més ni menys 11.4 milions d'euros (p.183). Valdria la pena estudiar amb precisió la influència de la canalització en la intrusió i preveure com podria evolucionar si el canal es va omplint de sediment.

Respecte els municipis seleccionats, es fan les següents reflexions i propostes:

#### **VILADECANS**

- Convertir el tram final de la riera de Sant Climent, abans del casc urbà, en un espai de laminació natural que retengui un possible cabal excessiu per a la canalització soterrada que travessa la ciutat.
- Reordenar la recollida de pluvials al casc urbà per a la seva conducció cap a la zona agrícola, evitant la xarxa de sanejament que acaba a l'EDAR, i provocant a aquella zona les funcions de recàrrega de l'aqüífer i la conducció dels excedents superficials cap al mar.

#### **EL PRAT DE LLOBREGAT**

- Protegir les zones urbanitzades facilitant la conducció d'un possible desbordament de la llera del riu cap al parc agrari.
- El parc agrari ja és zona inundable. Caldria ordenar-lo per a minimitzar aquest efecte sobre l'activitat agrícola.
- Restaurar o habilitar la xarxa de canalitzacions de la zona agrícola per aquesta funció fins a les llacunes de drenatge natural.
- Coordinar amb la pagesia la utilització dels camps en descans (si en hi han) com a superfícies inundables amb efectes de laminació i recarrega de l'aqüífer.

## SANTA COLOMA DE GRAMENET

A Santa Coloma ja s'ha fet una gran part de les actuacions en prevenció d'inundacions. Tanmateix es faran les següents consideracions:

- La zona urbana ocupa totalment la plana inundable per sota del Pont Vell i el parc de Can Zam ocupa la major part de la plana inundable per damunt d'aquell.
- Per sota del Pont Vell només hi caben actuacions de defensa contra desbordaments i evacuació de l'aigua de pluja en direcció al mar. Per aquesta zona travessa el col·lector soterrat de Mn. Jacint Verdaguer que ha substituït l'antic torrent que drenava des de Montigalà oest fins al Besòs. Els cabals menors (aigües residuals) s'aboquen al col·lector general cap a l'EDAR, la resta s'aboca al riu.
- La zona no urbana és bàsicament muntanya. Una part d'aquesta zona limita directament amb el riu Besòs i ja aporta les seves aigües pluvials al curs del riu sense més problemes.
- L'altre part limita amb la ciutat i aporta les seves pluvials a la xarxa de sanejament urbà. Aquests cabals acaben bàsicament a dos col·lectors urbans (el de Singuerlin i el de la B-20) els quals descarreguen les aigües residuals cap a l'EDAR i els excedents pluvials cap al riu. (El col·lector de la B-20 substitueix en part l'antic torrent de La Pallaresa que drenava des de Can Botinyà – Monestir de Sant Jeroni de la Murtra).
- Aquí es podria intervenir en diverses línies d'actuació.
  - Formació d'un interceptor en la frontera bosc/ciutat per conduir les aigües de pluja directament cap al riu.
  - Conducció de l'escolament superficial cap a zones del parc de Can Zam que puguin actuar com a basa de laminació natural (urbana) i filtratge cap a l'aquífer.
  - Transformació, si s'escau, dels sistemes de separació d'aigües brutes / netes dels dos col·lectors urbans amb el col·lector general de l'EDAR, en dipòsits anti-DSU.

Aquesta darrera mesura també seria aplicable al col·lector de Mn. J. Verdaguer.

En el supòsit de grans avingudes, com la de 1994 que quasi va desbordar les canalitzacions, aquests sistemes queden severament reduïts en la seva funcionalitat (reben aigua del riu enlloc d'abocar-la).

## REFERÈNCIES

- Aguadé, E., 1995, *Memorial d'Aiguats*, Centre d'Estudis Comarcal Josep Iglesias, Reus.
- Albentosa, L., 1983, Precipitaciones excepcionales e inundaciones durante los días 6 a 8 de noviembre de 1982 en Cataluña, *Estudios Geográficos*, 170-171, 229-273 pp.
- Amengual, A., R. Romero, M. Gómez, A. Martín, S. Alonso, 2007, A hydro-meteorological modeling study of a flash flood event over Catalonia, Spain, *Journal of Hydrometeorology*, 8, 282-303.
- Arán, M., Arús, J., García, C., López, J. M., Satué, S., Vázquez, L., Werner, E., 1999, Las inundaciones del día 10 de octubre de 1994, IV Simposio Nacional de Predicción, Publicación interna del INM.
- Arús, J., Bech, J., López, A., Lloret, R., Mestres, A. (Eds), *Aiguats del 10 de juny de 2000*, VI Jornades de Meteorologia Eduard Fontserè, ACAM, 2000.
- Aulet, J., Cabezas, S., Clua, F., Fernández, A., Ferrer, M., Frigola, E., Llasat, MC., Màrquez, M., Masó, A., Masó, O., Mauri, F., Plans, L., Pont, F., Puig, Ll., *L'aiguat del 1962, 50 anys després*. Col. 50 anys riada Terrassa, Ed. Àmfora. ISBN: 978-84-939105-4-9.
- Autoridad portuaria de Tarragona, 1995, *Análisis de las lluvias y caudales relativos a la avenida de Santo Tomàs en el río Francolí*.
- Barnolas, M. and Llasat, M. C., 2007. A flood geodatabase and its climatological applications: the case of Catalonia for the last century, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 7, 271–281.
- Barnolas, M. y M.C. Llasat, 2007, *Metodología para el estudio de inundaciones históricas en España e implementación de un SIG en las cuencas del Ter, Segre y Llobregat*, Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX), ISBN: 978-84-7790-449-6, D.L.: M.36.602-2007.
- Barrera-Escoda, A., Llasat, M.C., 2015. Evolving flood patterns in a Mediterranean region (1301–2012) and climatic factors – the case of Catalonia. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 19, 465–483.
- Barriendos, M., Coeur, D., Lang, M., Llasat, M.C., Naulet, R., Lemaitre, F., Barrera, A., 2003. Stationarity analysis of historical flood series in France and Spain (14th-20th centuries). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, 583-592
- Cailleau, C. Santurette, 1983, *Tèmpete des 6,7 et 8 Novembre de 1981* Note de travail du Service Météorologique Métropolitain.
- Clotet, N. Gallart, F., 1983, *Efectes geomorfològics dels aiguats del novembre de 1982*, Publicacions del Servei Geològic de Catalunya. Departament de política territorial i obres públiques.
- Codina Vila, J., 1994, *Inundacions al delta del Llobregat* Rafael Dalmau. Col. Episodis de la història, Barcelona, n. 147/148.

Gibergans-Bàguena, J. and M.C. Llasat, 2007, Improvement of the analog forecasting method by using local thermodynamic data. Application to autumn precipitation in Catalonia. *Atmospheric Research*, 86, 173-193.

Hall, J., Arheimer, B., Borga, M., Brázdil, R., Claps, P., Kiss, A., Kjeldsen, T. R., Kriaučiūnienė, J., Kundzewicz, Z. W., Lang, M., Llasat, M. C., Macdonald, N., McIntyre, N., Mediero, L., Merz, B., Merz, R., Molnar, P., Montanari, A., Neuhold, C., Parajka, J., Perdigão, R. A. P., Plavcová, L., Rogger, M., Salinas, J. L., Sauquet, E., Schär, C., Szolgay, J., Viglione, A., and Blöschl, G.: Understanding flood regime changes in Europe: a state-of-the-art assessment, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 2735-2772, 2014.

Kendall, M. G., *Rank Correlation Methods*, Oxford Univ. Press, New York, 1975.

Llasat, M.C., 1987, Episodios de lluvias copiosas en Cataluña: Génesis, evolución y factores coadyuvantes, Tesis Doctoral, Publicacions de la Universitat de Barcelona, 2, 424-448 pp.

Llasat, M.C., Puigcerver, M., 1989, Características meteorológicas de las inundaciones en Cataluña, *Revista de Obras Públicas* (abril).

Llasat, M.C. and Puigcerver, M., 1992. Pluies extrêmes en Catalogne: influence orographique et caractéristiques synoptiques. *Hydrologie Continentale*, 2, 99-115.

Llasat, M.C., 1990, Influencia de la orografía y de la inestabilidad convectiva en la distribución espacial de las lluvias extremas en Cataluña, *Acta Geológica Hispánica*.

Llasat, M.C., 1991, 'Gota Fría', Editorial Boixareu Universitaria, 128-134 pp.

Llasat, M.C., 2001. An objective classification of rainfall events on the basis of their convective features. Application to rainfall intensity in the north-east of Spain. *Int. J. Climatol.* 21, 11, 1385-1400.

Llasat, M.C., D. Sempere Torres, 1995, 'Inondations en Catalogne. L'événement de Novembre 1982', *Actes du Colloque Crues et Laves Torrentielles*, s/n.

Llasat, M.C., J. De Batlle, T. Rigo, M. Barriendos, 2001, Las Inundaciones del 10 de Junio del 2000 en Cataluña, *Revista Ingeniería del Agua*, vol. 8, nº1. Valencia, España.

Llasat, M.C., T. Rigo, M. Barriendos, 2003, The 'Montserrat-2000' flash-flood event: a comparison with the floods that have occurred in the northeastern Iberian Peninsula since the 14th Century, *International Journal of Climatology*, 23, 4, 453-469.

Llasat, M.C., Barriendos, M., Barrera, A., Rigo, T., 2005. Floods in Catalonia (NE Spain) since the 14th century. Climatological and meteorological aspects from historical documentary sources and old instrumental records. *J. Hydrol. Applications of palaeoflood hydrology and historical data in flood risk analysis*, 313, 32-47.

Llasat, M.C., Ceperuelo, M., Rigo, T., 2007. Rainfall regionalization on the basis of the precipitation convective features using a raingauge network and weather radar observations. *Atmos. Res.* 83, 415-426.

Llasat, M.C., Barnolas, M., Ceperuelo, M., Llasat, M. i Prat, M.A., 2004, Algunos aspectos del impacto social de las inundaciones en Cataluña, Revista del Aficionado a la Meteorología (abril).

Llasat, M.C., F. Martín and A. Barrera, 2007, From the concept of "Kaltlufttropfen" (cold air pool) to the cut-off low. The case of September 1971 in Spain as an example of thier role in heavy rainfalls, Meteorology and Atmospheric Physics, 96, 43-60.

Llasat, M. C., Llasat-Botija, M. and López, L., 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., Llasat-Botija, M., Petrucci, O., Pasqua, A.A., Rosselló, J., Vinet, F., Boissier, L., 2013. Towards a database on societal impact of Mediterranean floods in the framework of the HYMEX project. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 1–14.

Llasat, M. C., Marcos, R., Llasat-Botija, M., Gilabert, J., Turco, M., & Quintana-Seguí, P. 2014. Flash flood evolution in North-Western Mediterranean. Atmospheric Research, 149, 230–243.

Mann, H. B., Nonparametric tests against trend, Econometrica, 13, 245 –259, 1945.

Mariani, S., M. Casaioli, C. Accadia, M.C. Llasat, F. Pasi, S. Davolio, M. Elementi, G. Ficca, R. Romero, 2005, A limited area model intercomparison on the " Montserrat-2000" flash-flood event using statistical and deterministic methods, Natural Hazards and Earth System Sciences, 5, 565-581.

Martín León, F., 2004, Las inundaciones de Cataluña del 25 de septiembre de 1962., Revista del Aficionado a la Meteorología (<http://www.tiempo.com/ram/1598/las-inundaciones-de-catalua-del-25-de-septiembre-de-1962/>).

Martín, A., R. Romero, V. Homar, A. De Luque, S. Alonso, T. Rigo, M.C. Llasat, 2007, Sensitivities of a flash flood event over Catalonia: a numerical analysis, Monthly Weather Review, 135, 651-669.

Milelli, M., M.C. Llasat, V. Ducroq, 2006, The cases of June 2000, November 2002 and September 2002 as examples of Mediterranean floods, Natural Hazards and Earth System Sciences, 6, 271-284.

Montalban, F., M. Novoa, 1975, Inundaciones del 20 de setiembre de 1971 en la cuenca del río Llobregat, Comisaria de aguas del Pirineo Oriental.

Mujeriego, R., J.M. Jové, S. Sugranyes, 1988, Estudio de las inundaciones ocurridas en la corporación metropolitana de Barcelona durante las lluvias de los días 2 a 4 de octubre de 1987. Ofee, SHGN, 1991, Analyse des causes des crues de l'année 1987. Rapport final. Office fédéral de l'économie des eaux (OFEE), Service hydrologique et géologique national (SHGN), Berne.

Pou Planas, A., 1994, Cronologia de les inundacions alt-empordaneses documentades per les premsa local. Annals de l'IEE, núm. 27, Figueres.

Puigdefàbregas, Cai, 1983, 'Efectes geomorfològics dels aiguats del novembre de 1982', Publicacions del Servei Geològic de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, 236 pp.

Quevedo, A.T., 1972, Las inundaciones de septiembre de 1971 y sus causas. Causas meteorológicas de las inundaciones del lunes, 20 de septiembre de 1971, Miscellania Barcelonensia.

Ramis, C., M.C. Llasat, A. Genovés, and A. Jansà, 1994, The October-1987 floods in Catalonia: Synoptic and mesoscale mechanisms. *Met. Apps*, 1, 337–350.

Ramis, C., S. Alonso, M.C. Llasat, 1995, A comparative study between two cases of extreme rainfall events in Catalonia, *Surveys in Geophysics*, 16, 141-161.

Rigo, T., Llasat, M.C., 2004. A methodology for the classification of convective structures using meteorological radar: application to heavy rainfall events on the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 4, 59-68.

Rigo, T. M.C. Llasat, 2005, Radar analysis of the life cycle of mesoscale convective systems during the 10 June 2000 event, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, 1-12.

Saurí, D., 1997, L'impacte de les Inundacions a Catalunya. *Perspectiva Històrica i Situació Recent*, *Les Inundacions, Quaderns d'Ecologia Aplicada*, 14, 29-30 pp.

Tomás Quevedo, A., 1963, Causas meteorológicas de las inundaciones del bajo Vallés, Llano de Llobregat y el Maresme, *Est. Geogr.*, 91, 137-146 pp.

Trapero, L., J. Bech, F. Duffourg, P. Esteban and J. Lorente, 2013, Mesoscale numerical analysis of the historical November 1982 heavy precipitation event over Andorra (Eastern Pyrenees), *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 2969-2990.

Turco, M., M.C. Llasat, 2011, Trends in indices of daily precipitation extremes in Catalonia (NE Spain), 1951–2003, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 3213-3226

Turco M, Sanna A, Herrera S, Llasat MC, Gutiérrez JM, 2013, Large biases and inconsistent climate change signals in ENSEMBLES regional projections. *Clim Chang* 120(4): 859–869

Valls i Vila, J, 2012, La riuada de 1962: La catàstrofe que sacsejà la Terrassa invertebrada del franquisme. Col. 50 anys riada Terrassa, Ed. Ajuntament de Terrassa.

Van der Linden P, Mitchell J (eds), 2009, ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK.

Wheeler, D. A. i Martín Vide J., 1988, Rainfall in Barcelona: 1987, *The Journal of Meteorology*, 13, 130, 228-231, Bradford-on-Avon.

WMO, 2009, Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation, Tech. Rep. WCDMP No. 72 WMO/TD–No. 1500

***EINES PER A LA DIVULGACIÓ I  
RECUPERACIÓ DE LA MEMÒRIA  
DELS AIGUATS***





## ÍNDEX

<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>2</b>
<b>2. RECUPERACIÓ DE LA MEMÒRIA DELS AIGUATS. ESTUDI DE CASOS</b> .....	<b>4</b>
2.1. EPISODI 25 I 26 DE SETEMBRE DE 1962. AIGUATS DEL VALLÈS .....	4
2.2. EPISODI 19-23 DE SETEMBRE DE 1971 .....	13
2.3. EPISODI 6-8 DE NOVEMBRE DE 1982 .....	22
2.4. EPISODI 28 DE SETEMBRE-5 D'OCTUBRE DE 1987 .....	29
2.5. EPISODI 9-11 D'OCTUBRE DE 1994 .....	37
2.6. EPISODI 10 DE JUNY DE 2000. MONTSERRAT .....	43
<b>3. EINES PER LA DIVULGACIÓ I SENSIBILITZACIÓ DE LA POBLACIÓ ENFRONT EL RISC D'INUNDACIONS</b> .....	<b>51</b>
A. Mesurant la pluja... ..	52
B. Els camins de l'aigua.....	54
C. Quan plou molt.....	56
D. Quan plou a Barcelona.....	58
E. Saps què has de fer en cas d'inundacions? .....	60
F. L'App floodup.....	62

## 1. INTRODUCCIÓ

Una de les millors maneres de conscienciar a la població es a través d'episodis que es van produir en el passat. Aquesta informació es també útil pels tècnics de l'AMB, ja que aporta dades que poden ser de molta utilitat a l'hora d'identificar vulnerabilitats o millorar comportaments. Per aquest motiu s'han analitzat els sis episodis catastròfics més representatius. L'estudi s'ha completat amb una guia didàctica per utilitzar amb la població.



Figura 1.1. Efectes inundacions 1962.

S'han comptabilitzat un total de 24 episodis catastròfics que han afectat als municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona entre 1900 i 2010. A la següent taula es mostren els episodis catastròfics a Catalunya amb la data d'inici i el número total de municipis afectats de l'AMB. S'assenyalen aquells pels quals s'aporta l'estudi en detall. Per cada un d'ells s'ha analitzat a escala municipal la zona afectada i els impactes produïts, així com els valors hidrometeorològics més importants de l'episodi, tant a nivell de Catalunya, com de l'AMB. En cada cas s'ha analitzat si els efectes de l'episodi van ser de caire catastròfic o no i si van ser inundacions per desbordament d'un curs d'aigua o per problemes de drenatge (com podria ser el cas d'un mal funcionament de la xarxa de clavegueram).

EPISODI (DATA D'INICI)	TOTAL MUNICIPIS AFECTATS
12/10/1907	16
31/08/1926	18
17/10/1940	4
<b>25/09/1962</b>	<b>12</b>
10/10/1962	1
<b>19/09/1971</b>	<b>16</b>
06/12/1971	4
17/09/1974	4
16/02/1982	3
<b>06/11/1982</b>	<b>15</b>
06/11/1983	10
<b>28/09/1987</b>	<b>20</b>
08/11/1988	13
14/11/1989	1
<b>09/10/1994</b>	<b>9</b>
21/09/1995	8
<b>10/06/2000</b>	<b>10</b>
31/07/2002	6
08/10/2002	7
05/09/2005	9
11/10/2005	1
12/09/2006	13
10/10/2010	2

*Taula 1.1. Episodis catastròfics que han afectat als municipis de l'AMB i el número de municipis afectats de l'AMB per cada episodi.*

## 2. RECUPERACIÓ DE LA MEMÒRIA DELS AIGUATS. ESTUDI DE CASOS

### 2.1. EPISODI 25 I 26 DE SETEMBRE DE 1962. AIGUATS DEL VALLÈS

Les inundacions del 25 de setembre de 1962 a Catalunya es recorden com una catàstrofe amb un gran nombre de víctimes mortals, unes 815 incloent desapareguts i danys valorats en 2.650 milions de pessetes. Va afectar, especialment, les poblacions de Rubí, Terrassa i Sabadell, situades a la comarca del Vallès Occidental. Aquests inundacions també van afectar a diverses poblacions de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, provocant grans danys al municipi de Montcada i Reixac i el de Ripollet (Taula 2.1.1). Les Figures 2.1.1 i 2.1.2 mostren l'afectació a escala municipal dins de l'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundació de setembre 1962. Aiguats del Vallès.
<b>Dates episodi</b>	25-26/09/1962
<b>Comarques</b>	Vallès Occidental, Baix Llobregat, Barcelonès
<b>Municipis</b>	Cornellà de Llobregat, Gavà, Molins de Rei, Montcada i Reixac, El Papiol, El Prat de Llobregat, Ripollet, Sant Adrià de Besòs, Sant Feliu de Llobregat, Sant Joan Despí, Sant Vicenç dels Horts, Barberà del Vallès
<b>Conques afectades</b>	Besòs, Llobregat
<b>Altres fenòmens associats</b>	Tempestes

Taula 2.1.1. Zona de l'AMB afectada per l'episodi.

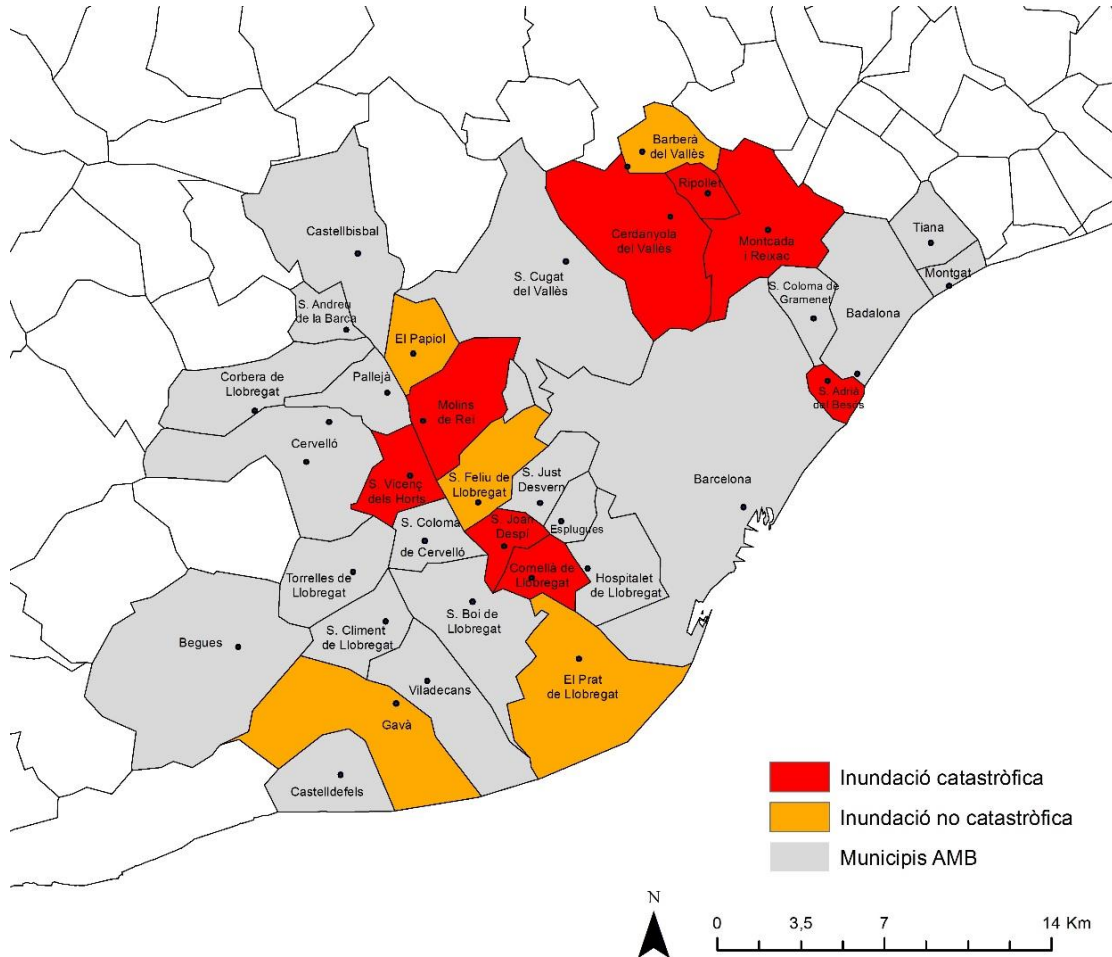
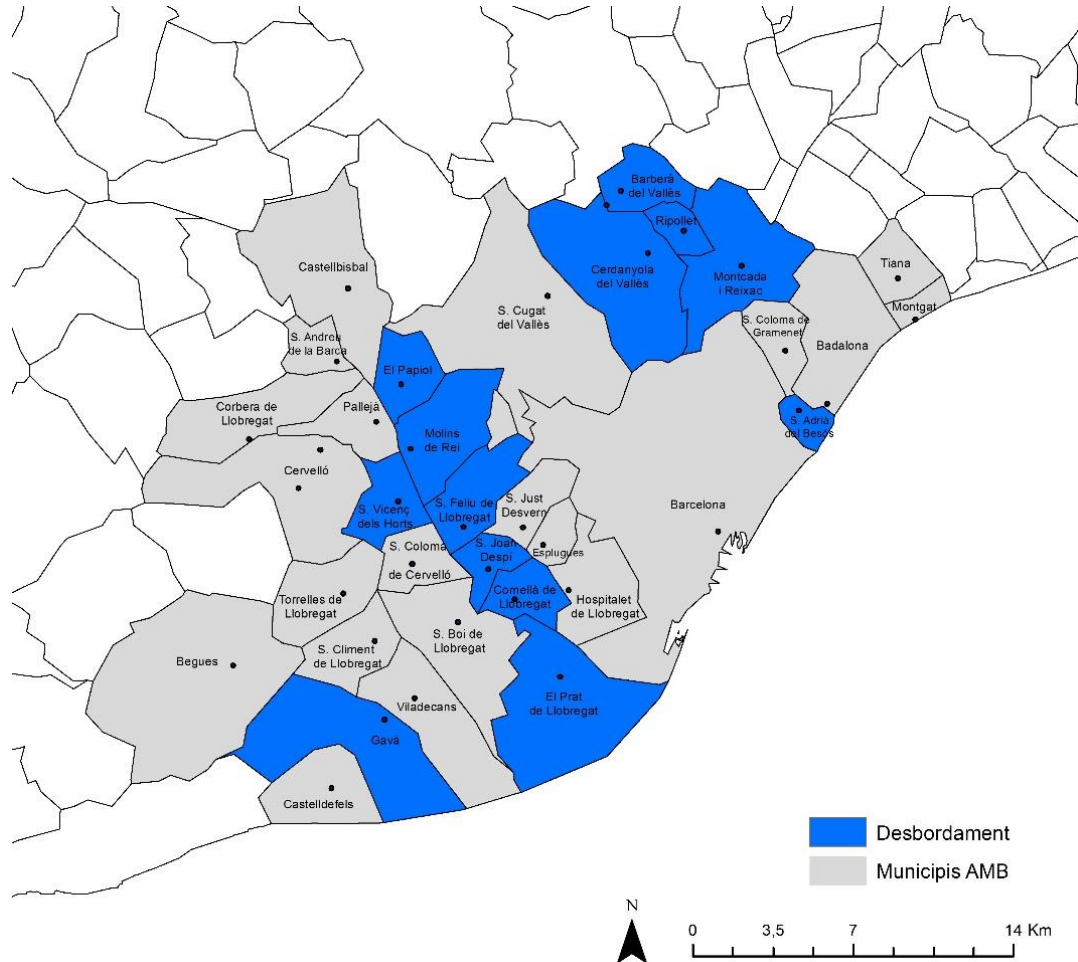


Figura 2.1.1. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona afectats per l'episodi de setembre de 1962, en vermell quan va ser catastròfic i en taronja quan va ser no catastròfic. Font: BD INUNGAMA.



*Figura 2.1.2. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona on es van produir inundacions en l'episodi de 1962 i distingint aquelles causades per problemes de drenatge (blau cel) i les causades per desbordament (blau marí). Font: BD INUNGAMA.*

L'episodi va produir greus danys com es sintetitza a la Taula 2.1.3:

<b>Danys</b>	Els municipis més afectats de l'Àrea Metropolitana de Barcelona van ser Montcada i Reixac, Ripollet, Cerdanyola del Vallès. Es van produir nombroses destruccions d'habitatges, ponts i altres infraestructures hidràuliques. També va resultar afectada la xarxa viària i ferroviària. Els danys també van ser greus a les indústries. Gairebé el 80% dels danys va repercutir en la indústria i el sector comercial. Va haver grans danys en el sector agrícola amb la pèrdua de collites i moltes vinyes arrencades per l'aigua. Moltes persones es van quedar sense casa i una gran quantitat van perdre la feina. Al municipi de Sant Adrià del Besòs 100 persones es van quedar sense casa. Un 10% de les pèrdues totals de l'episodi va situar-se en la conca del Besòs i altres llocs puntuals com el Prat del Llobregat.
<b>Víctimes mortals</b>	En el total de l'episodi i de tot Catalunya es van produir 815 morts, 29 dels quals van tenir lloc a Montcada i Reixac i 13 a Ripollet.
<b>Detalls sobre víctimes de l'AMB</b>	És complicat establir per cada una de les víctimes les causes i circumstàncies en què es van produir degut a l'elevat nombre de víctimes i a l'època en què es van produir. En general, la sobtada crescuda va arrossegar-les o bé va destruir l'habitatge on es trobaven.
<b>Afectació a serveis bàsics</b>	Talls de llum i aigua, de carreteres i la xarxa ferroviària (vies destrossades).
<b>Pèrdues econòmiques</b>	2.650 milions pessetes (533 milions d'euros de 2013) a tot Catalunya.
<b>Altres conseqüències</b>	Els danys en fàbriques van fer que es perdessin molts dies de treball i inclús es perdessin llocs de treball.
<b>Gestió emergència</b>	Cal dir que per al dia 25 la previsió era d'unes pluges semblants a les que van produir-se a la resta d'Espanya per la qual cosa no es va prendre cap mesura. Tampoc es té constància que en aquella època hi hagués cap sistema d'alertes operatiu. Degut a les poques o casi nul·les mesures de prevenció, hi havia barris sencers i fàbriques instal·lades en la plana inundable o en el mateix llit del riu. L'accés dels equips de salvament a algunes zones va ser molt difícil degut al nivell assolit per l'aigua.
<b>Recuperació</b>	El Vallès va ser declarada internacionalment zona catastròfica i tot tipus d'organitzacions públiques i privades van acudir a socórrer a les víctimes. L'exèrcit va treballar durant els dies posteriors en tasques de neteja, junt amb molts voluntaris. En algunes zones es va prohibir el consum d'aigua de l'aixeta i es va ordenar la vacunació de tota la població.

Taula 2.1.3. Danys produïts per l'episodi.

L'episodi va tenir una durada de poques hores, conseqüència d'una avinguda sobtada dels rius Llobregat i Besòs i dels seus afluents en la seva part baixa. Va ser un episodi molt convectiu en el que es van enregistrar 212 mm en menys de 3 h amb una intensitat màxima de 6 mm/min. La Taula 2.1.4 mostra els valors hidrometeorològics més importants de l'episodi, tant a nivell de Catalunya, com de l'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundació de setembre 1962. Aiguats del Vallès.
<b>Dates episodi</b>	25-26/09/1962
<b>Valors màxims de precipitació</b>	Total de l'episodi: 250 mm a Martorelles (quantitat que suposa el 67% del total del mes amb una intensitat instantània de 6 mm/min a les 21:51 h del dia 25); Caldes de Montbui: 224,4 mm; Gelida: 212 mm; Terrassa: 225 mm (valor enregistrarat en 24 h el dia 25); Alella: 218 mm (valor enregistrarat en 24 h el dia 25); Esparreguera: 212,5 mm (valor enregistrarat en 24 h el dia 25); Sabadell: 95 mm (valor enregistrarat en 45 min).
<b>Valors màxims de precipitació a l'AMB</b>	Cornellà de Llobregat: 175 mm (24 h); Barcelona: 89 mm (24 h), 151,4 mm (total); Santa Coloma de Gramenet: 102 mm (24 h)
<b>Valors màxims de cabal</b>	No hi ha dades directes ja que en aquella època la monitorització de les conques era molt reduïda. Segons Llasat (1987), el Besòs en el seu tram final tenia un cabal de 1.870 m <sup>3</sup> /s; el Llobregat a Martorell: 1.550 m <sup>3</sup> /s. Segons S. Llobet l'avinguda de la riera les Arenes (Conca del Llobregat) s'estima que va ser de 1.750 m <sup>3</sup> /s i 2.000 m <sup>3</sup> /s per al riu Ripoll (conca del Besòs) augmentant en aproximadament 10 Km a 3.200 m <sup>3</sup> /s. La riera de Caldes (conca del Besòs) superà el cabal de 1.000 m <sup>3</sup> /s. A Terrassa l'aigua va arribar a alçades de 2,5 m.
<b>Valors màxims de cabal a l'AMB</b>	Besòs (Sant Adrià del Besòs): 1.870 m <sup>3</sup> /s; Ripoll (Montcada i Reixac): 2.000 m <sup>3</sup> /s. Llobregat (*Martorell): 1.550 m <sup>3</sup> /s.
<b>Valors mitjans de cabal dels rius afectats de l'AMB</b>	Besòs (Santa Coloma): 2,97 m <sup>3</sup> /s; Ripoll (Montcada i Reixac): 0,61 m <sup>3</sup> /s; Llobregat (*Martorell): 16,46 m <sup>3</sup> /s.

Taula 2.1.4. Valors extrems i hidrometeorològics. \*S'indica el valor de Martorell per ser el més proper a l'AMB del que es disposen dades.

Les Taules 2.1.5 i 2.1.6 sintetitzen els valors extrems a l'AMB:

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA.

ID	Nom	P total (mm)
1	Cornellà de Llobregat	175 (24 h)
2	Barcelona (C/ Roure)	151,4
3	Santa Coloma de Gramenet	102 (24 h)

*Taula 2.1.5. Municipis de l'AMB on es van enregistrar els valors màxims de precipitació total acumulada al llarg de l'episodi o en 24 h.*

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE CABAL MÀXIM.

ID	Lloc	UTMX	UTMY	Cabal 1962 (m <sup>3</sup> /s)	Cabal mig setembre (m <sup>3</sup> /s)
1	Besòs (Sant Adrià de Besòs)	435510	4586514	1.870	2,97
2	Riu Ripoll (Montcada i Reixac)	432200	4593150	2.000	0,61
3	Llobregat (*Martorell)	410800	4592101	1.550	16,46

*Taula 2.1.6. Municipis de l'AMB on es van registrar els valors de cabals màxims durant l'episodi, amb indicació dels cabals màxims estimats i el valor del cabal diari mig.*

La situació meteorològica es va caracteritzar per un anticicló en superfície sobre l'oest d'Europa i el Mediterrani associat a una situació en  $\Omega$  (omega) en alçada degut a la presència simultània d'un marcat solc sobre la Península Ibèrica. Això, unit a una advecció d'aire càlid, va permetre l'acumulació de vapor d'aigua i d'inestabilitat potencial en les capes baixes de la troposfera. Un altre factor important va ser l'arribada d'aire humit i relativament fred en les capes mitjanes i altes de la troposfera.

## IMATGES DE L'EPISODI



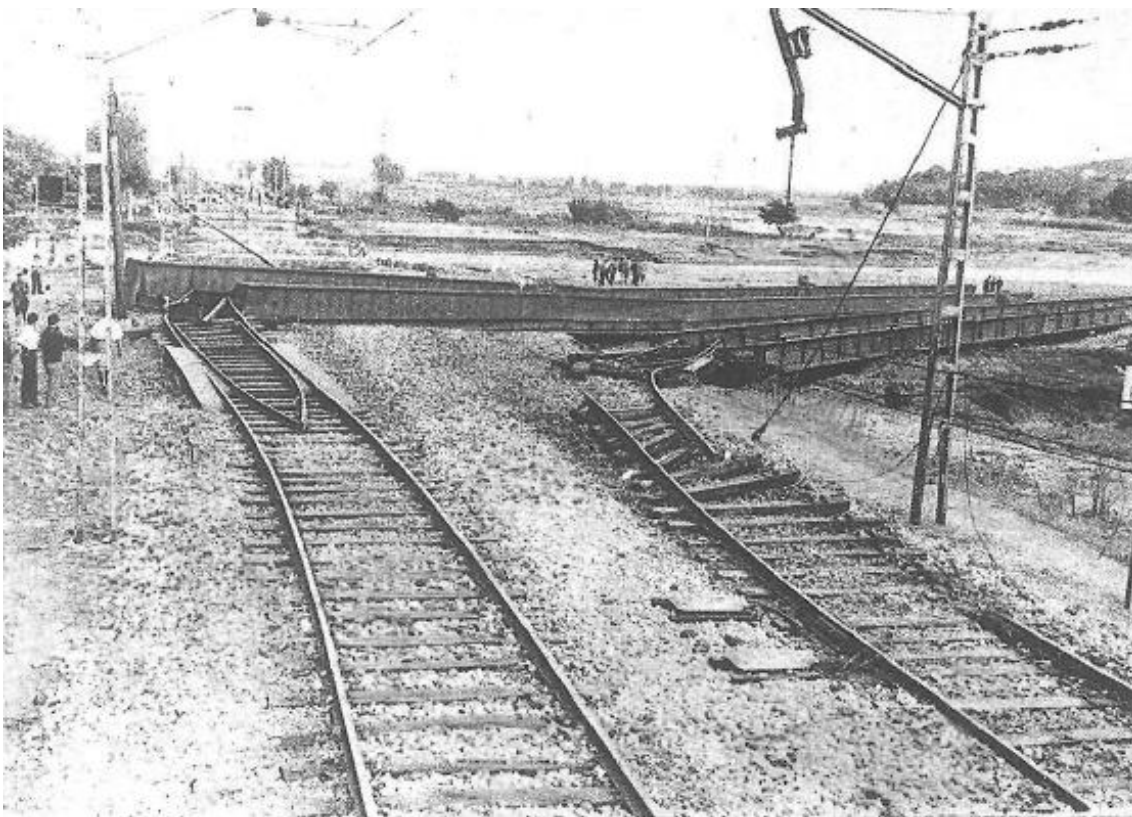
Figura 2.1.3. Cotxe arrossegat per la riada, Sant Joan Despí (R. Lloret)



Figura 2.1.4. Portada de La Vanguardia del dia 28 de setembre de 1962



*Figura 2.1.5. Efectes riuada a Sant Adrià del Besòs (La Vanguardia)*



*Figura 2.1.6. Vies de tren destrossades a Montcada i Reixac (Font: La Vanguardia)*



*Figura 2.1.7. Pont de Montcada i Reixac destruït (La Vanguardia)*

**INFORMACIÓ SOBRE AQUEST EPISODI A LA RAMBLA:**

<http://larambla.ub.edu/category/inundacions-del-62/>

**RELAT A LA RAMBLA SOBRE AQUEST EPISODI:**

<http://larambla.ub.edu/2013/01/30/que-samagava-sota-laigua/>

## 2.2.EPISODI 19-23 DE SETEMBRE DE 1971

Entre els dies 19 i el 23 de setembre de 1971 nombroses tempestes van afectar Catalunya i Aragó, en especial les zones més properes al Mar Mediterrani. A l'AMB el municipis més afectats van ser els de la part baixa del riu Llobregat, sobretot a la ciutat de Cornellà de Llobregat (Taula 2.2.1).

Les Figures 2.2.1 i 2.2.2 mostren l'afectació a escala municipal dins de l'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundació del setembre de 1971
<b>Dates episodi</b>	19-23/09/1971
<b>Comarques</b>	Baix Llobregat, Barcelonès, Vallès Occidental
<b>Municipis</b>	Barcelona, Castellbisbal, Corbera de Llobregat, Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat, Hospitalet de Llobregat, Molins de Rei, Pallejà, El Papiol, El Prat de Llobregat, Sant Boi de Llobregat, Sant Joan Despí, Sant Just Desvern, Santa Coloma de Cervelló, Sant Vicenç dels Horts, Torrelles de Llobregat
<b>Conques afectades</b>	Llobregat, Rieres Litorals del Llobregat, Torrents de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.
<b>Altres fenòmens associats</b>	Temporal de vent, tempestes elèctriques

*Taula 2.2.1. Zona de l'AMB afectada per l'episodi.*

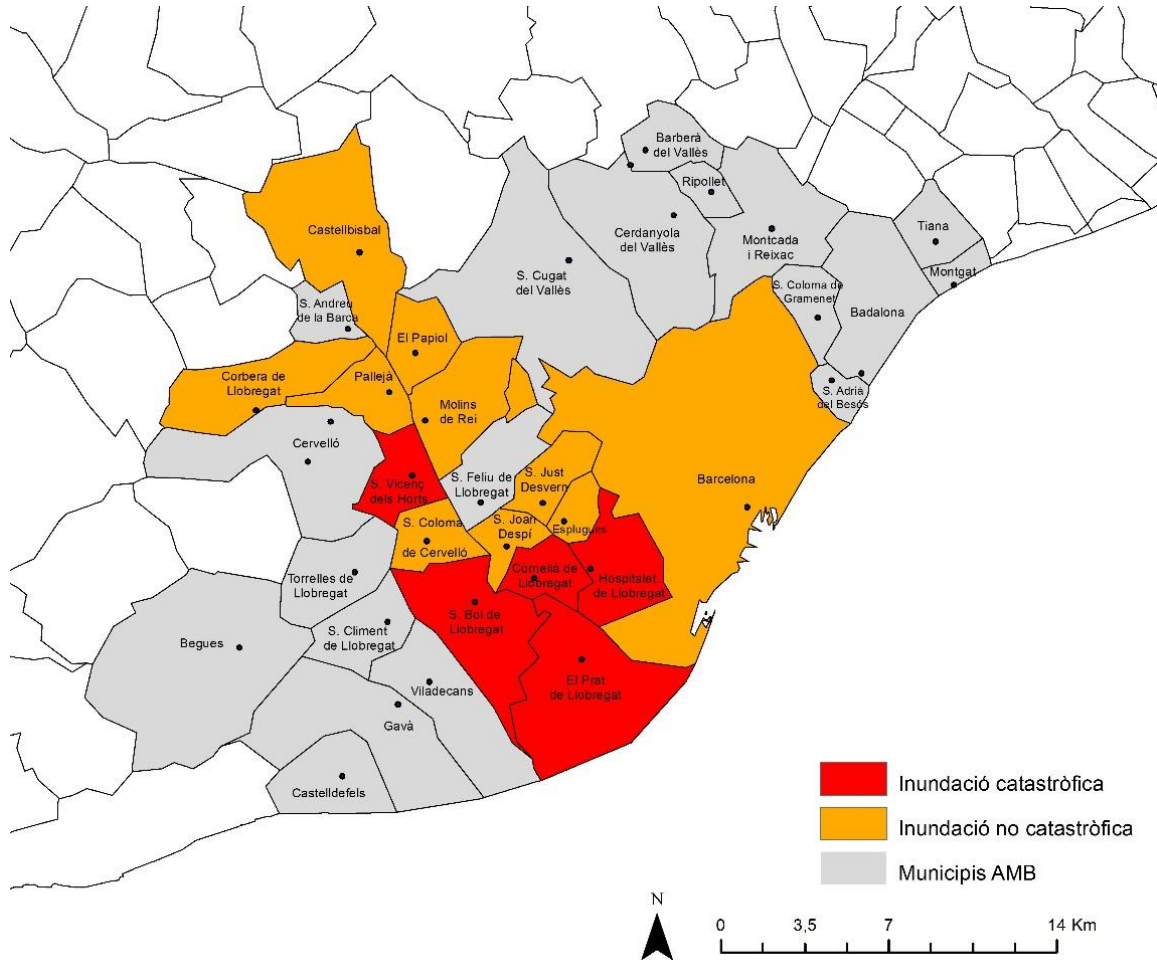


Figura 2.2.1. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona afectats per l'episodi de setembre de 1971, en vermell quan va ser catastròfic i en taronja quan va ser no catastròfic. Font: BD INUNGAMA.

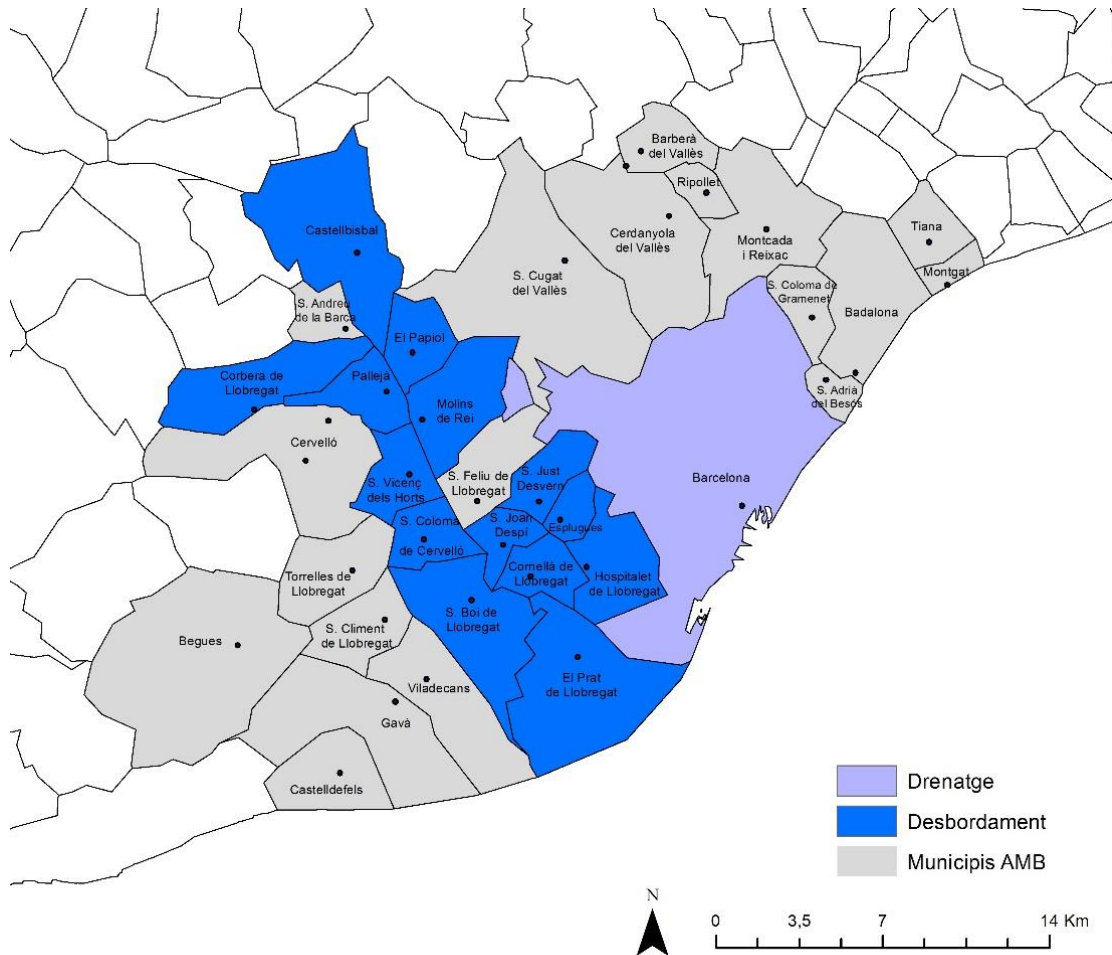


Figura 2.2.2. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona on es van produir inundacions en l'episodi de 1971 i distingint aquelles causades per problemes de drenatge (blau cel) i les causades per desbordament (blau marí). Font: BD INUNGAMA.

L'episodi va registrar grans danys com es sintetitza a la Taula 2.2.2, sobretot a la ciutat de Cornellà de Llobregat on la nit del 20 la crescuda del riu Llobregat va inundar gran part ciutat de la mateixa. Les destrosses produïdes en el total de l'episodi es van valorar en 7.000 milions de les antigues pessetes i van morir 19 persones a tot Catalunya.

<b>Danys</b>	Destrucció total d'alguns habitatges, ponts i infraestructures hidràuliques. Al Delta del Llobregat es van perdre tots els cultius. La ciutat de Cornellà va ser una de les més perjudicades. En aquesta ciutat l'alçada de l'aigua en alguns punts va superar els 2,5 m. Un 25% de la població va resultar afectada directament. Nombrosos habitatges, botigues i petites indústries van quedar totalment destruïts. Els danys a la Zona Franca també van ser considerables. Les aigües també van arrossegar nombrosos vehicles. Altres poblacions de l'AMB també van patir grans danys com l'Hospitalet de Llobregat on es van inundar un total de 80 habitatges.
<b>Víctimes mortals</b>	1 víctima mortal.
<b>Comentaris sobre víctimes de l'AMB</b>	A Sant Vicenç dels Horts morí una persona arrossegada per l'aigua.
<b>Afectació a serveis bàsics</b>	Nombrosos talls de llum i aigua. Les instal·lacions de la Companyia d'Aigües es van inundar (amb alçades de més de 2 m), la qual cosa va provocar molts problemes amb el subministrament. Molts trams de carretera i autopista es van veure afectats amb talls de diversa consideració. Així mateix, també es van produir afectacions en el transport ferroviari, bé per danys en les vies com pels talls en el subministrament elèctric.
<b>Pèrdues econòmiques</b>	Els danys van suposar pèrdues totals valorades en més de 7.000 milions de les antigues pessetes (835 milions d'euros de 2013). El sector industrial va ser el més afectat amb més de 5.000 milions de pessetes (596 milions d'euros de 2013) a tot Catalunya. Els danys a les indústries va provocar que es perdessin nombroses hores de feina i molts obrers quedessin parats durant dies.
<b>Altres conseqüències</b>	Als danys de la inundació s'hi ha d'afegir el dany causat pel vent el dia 20, el qual a Barcelona va arribar als 112 km/h. Va produir destrosses a arbres, xarxa elèctrica i algunes antenes.
<b>Gestió emergència</b>	La principal activitat es va centrar en operacions de salvament a la zona del Llobregat, bàsicament el desallotjament (en alguns casos amb barques) de persones de les seves cases o d'altres edificis com fàbriques o escoles. Més de 800 persones en tota Catalunya van haver de ser allotjades a escoles i altres centres, en alguns casos durant setmanes. L'exèrcit també va intervenir en tasques de rescat i recuperació.
<b>Recuperació</b>	Es va concedir la qualificació de sinistre extraordinari i el <i>Consortio de Compensación de Seguros</i> va indemnitzar als afectats que van tenir pèrdues en béns assegurats. Es van aprovar diverses mesures com la supressió d'impostos, concessió d'ajudes agràries, entre d'altres. A la ciutat de Cornellà després de l'episodi es va produir un moviment veïnal per aconseguir la canalització del riu. Van haver nombroses iniciatives de solidaritat per recollir diners.

Taula 2.2.2. Danys produïts per l'episodi.

Durant l'episodi es van enregistrar valors diaris superiors als 100 mm en algunes poblacions de Catalunya. El riu Llobregat va enregistrar el cabal punta més alt en tot el segle XX: la cresta de l'avinguda es va elevar 10 o 12 metres per sobre del seu nivell habitual, inundant diverses poblacions i destruint els cultius del delta del Llobregat. La Taula 2.2.3 mostra els valors hidrometeorològics més importants de l'episodi, tant a nivell de Catalunya, com de l'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundació de setembre de 1971
<b>Dates episodi</b>	19-23/09/1971
<b>Valors màxims de precipitació</b>	Balsareny: 200 mm (24 h), 282,4 mm (total); Santa Maria de Palautordera: 275 mm (24 h), 386,5 mm (total); Cadaqués: 285 mm (24 h), 390,9 mm (total); Figueres: 288,5 mm (24 h), 639 mm (total); Esparraguera: 308 mm (24 h), 410 mm (total); Sant Boi de Llobregat: 270 mm (24 h), 426 mm (total); Cadaqués: 285 mm (24 h), 390,9 mm (total).
<b>Valors màxims de precipitació a l'AMB</b>	Sant Boi de Llobregat: 270 mm (24 h), 426 mm (total);
<b>Valors màxims de cabal</b>	Cabals màxims instantanis: Llobregat (Martorell): 3.080 m <sup>3</sup> /s, Llobregat (Castellbell i el Vilar): 2.300 m <sup>3</sup> /s, Llobregat (El Pont de Vilomara i Rocafort): 1.650 m <sup>3</sup> /s; Cardener (Manresa): 360 m <sup>3</sup> /s; Mogent (Montornès del Vallès): 420 m <sup>3</sup> /s; Ripoll (Montcada i Reixac): 560 m <sup>3</sup> /s; Tenes (Parets del Vallès): 104 m <sup>3</sup> /s; Besòs (Santa Coloma de Gramenet): 960 m <sup>3</sup> /s; Fluvià (Esponellà): 1.630 m <sup>3</sup> /s; Tordera (Fogars de la Selva): 1.280 m <sup>3</sup> /s; Onyar (Girona): 450 m <sup>3</sup> /s. Muga (Darnius): 40,71 m <sup>3</sup> /s (cabal mitjà diari del dia 23).
<b>Valors màxims de cabal a l'AMB</b>	Cabals màxims instantanis: Ripoll (Montcada i Reixac): 560 m <sup>3</sup> /s; Besòs (Santa Coloma de Gramenet): 960 m <sup>3</sup> /s; Llobregat (*Martorell): 3.080 m <sup>3</sup> /s.
<b>Valors mitjans de cabal dels rius afectats de l'AMB</b>	Besòs (Santa Coloma de Gramenet): 2,97 m <sup>3</sup> /s; Ripoll (Montcada i Reixac): 0,61 m <sup>3</sup> /s; Llobregat (*Martorell): 16,46 m <sup>3</sup> /s.

Taula 2.2.3. Valors extrems i hidrometeorològics. \*S'indica el valor de Martorell per ser el més proper a l'AMB del que es disposen dades.

Les Taules 2.2.4 i 2.2.5 sintetitzen els valors extrems a l'AMB:

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA.

ID	Nom	P total (mm)
1	Sant Boi de Llobregat	426

*Taula 2.2.4. Municipis on es van enregistrar els valors màxims de precipitació total acumulada al llarg de l'episodi o en 24 h, de l'AMB.*

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE CABAL MÀXIM.

ID	Lloc	Cabal màxim instantani 1971 (m <sup>3</sup> /s)	Cabal mig setembre (m <sup>3</sup> /s)
1	Montcada i Reixac (Ripoll)	560	0,61
2	Santa Coloma de Gramenet (Besòs)	960	2,97
3	Martorell (Llobregat)	3.080	16,46

*Taula 2.2.5. Municipis on es van registrar els valors de cabals màxims durant l'episodi a l'AMB, amb indicació dels cabals màxims estimats i el valor del cabal diari mig*

Una Depressió Aïllada a Nivells Alts (DANA, coneguda comunament com a gota freda) sobre la Península Ibèrica més una elevada inestabilitat potencial del Mediterrani Occidental, van ser els factors que van afavorir la formació de tempestes sobre Catalunya i Aragó.

## IMATGES DE L'EPISODI



*Figura 2.2.3. La Zona Franca inundada (Font: La Vanguardia)*



*Figura 2.2.4. Inundacions a l'Hospital de Bellvitge (J. Serrano)*



*Figura 2.2.5. Carrer inundat al Prat del Llobregat (Font: La Vanguardia)*



*Figura 2.2.6. Danys a Cornellà de Llobregat (Font: La Vanguardia)*



*Figura 2.2.7. Carrer inundat a Cornellà de Llobregat (Font: El Punt Avui)*

**INFORMACIÓ SOBRE AQUEST EPISODI A LA RAMBLA:**

<http://larambla.ub.edu/2013/01/30/inundacions-del-setembre-de-1971/>

### 2.3. EPISODI 6-8 DE NOVEMBRE DE 1982

Aquest episodi, que va afectar el sud-est de França, Andorra, Catalunya i Aragó, es considera el més important des de 1940. Encara que a Catalunya les pluges van afectar una zona amb baixa densitat de població, es van comptabilitzar 14 víctimes mortals i pèrdues superiors a 45.000 milions de pessetes. Aquests inundacions també van afectar a diverses poblacions de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, amb danys importants en municipis del Baix Llobregat (Taula 2.3.1). A les Figures 2.3.1 i 2.3.2 es mostra l'afectació a escala municipal dins de l'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundació de novembre de 1982
<b>Dates episodi</b>	6-8/11/1982
<b>Comarques</b>	Baix Llobregat, Barcelonès, Vallès Occidental, Maresme.
<b>Municipis</b>	Barcelona, Cornellà de Llobregat, Molins de Rei, Prat de Llobregat, Sant Boi de Llobregat, Sant Feliu de Llobregat, Sant Joan Despí, Santa Coloma de Cervelló, Sant Vicenç dels Horts, Torrelles de Llobregat, L'Hospitalet de Llobregat, Gavà, Sant Andreu de la Barca, Castellbisbal, Montgat.
<b>Conques afectades</b>	Llobregat, Torrents de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, Rieres litorals Llobregat, Rieres del Maresme.
<b>Altres fenòmens associats</b>	Inundacions, temporal de vent i de mar.

Taula 2.3.1. Zona de l'AMB afectada per l'episodi.

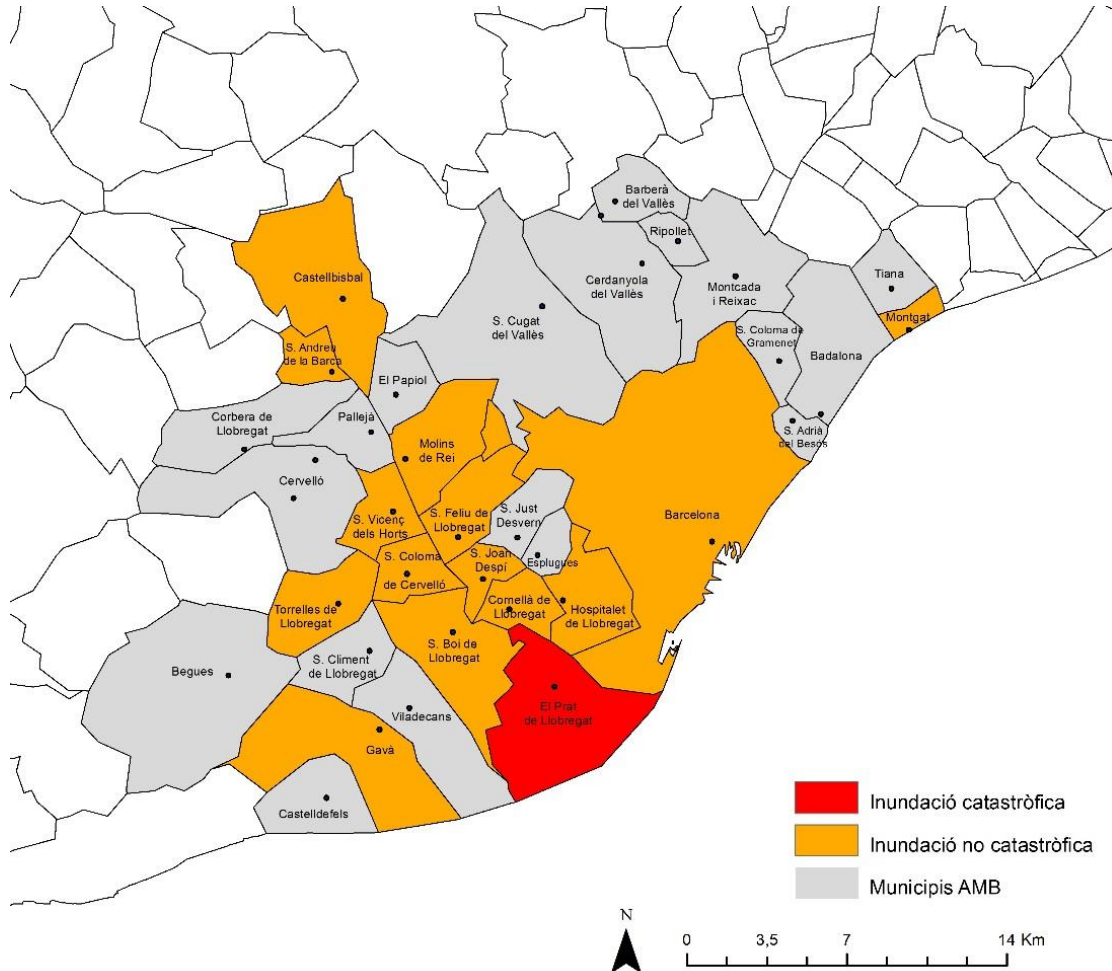


Figura 2.3.1. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona afectats per l'episodi de novembre de 1982, en vermell quan va ser catastròfic i en taronja quan va ser no catastròfic. Font: BD INUNGAMA.

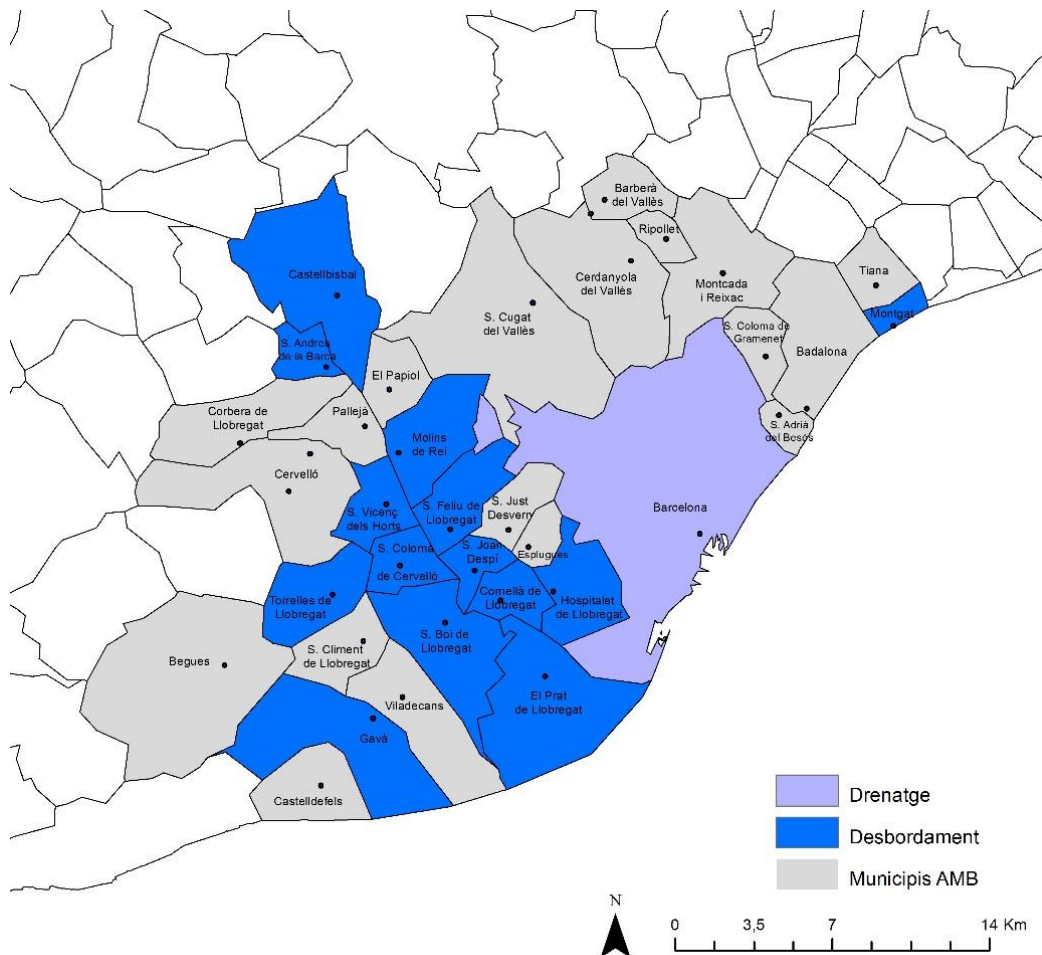


Figura 2.3.2. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona on es van produir inundacions en l'episodi de 1982 i distingint aquelles causades per problemes de drenatge (blau cel) i les causades per desbordament (blau marí). Font: BD INUNGAMA.

A l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), els danys van ser produïts degut al desbordament del riu Llobregat en el seu tram baix, que va produir inundacions en camps de cultiu i en alguns habitatges i indústries. El municipi més afectat de l'AMB va ser El Prat de Llobregat. A la Taula 2.3.2 es sintetitzen els principals danys produïts.

<b>Danys</b>	Es van produir nombrosos danys a causa de les pluges i el vent. A l'AMB els danys principals van ser les inundacions dels camps de cultiu degut el desbordament del riu Llobregat en alguns punts del seu tram final. Algunes indústries es van veure afectades per les inundacions, com van ser les de Cornellà de Llobregat i Sant Joan Despí. El Prat de Llobregat, va ser un punt clau de les inundacions de l'AMB, amb talls a les carreteres, inundacions dels camps i carrers i destrosses a algunes indústries.
<b>Víctimes mortals</b>	Es van produir 14 víctimes mortals en tot l'episodi a tot Catalunya, una a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.
<b>Comentaris sobre víctimes de l'AMB</b>	A Barcelona, va morir un soldat que prestava servei de vigilància a FECSA, arrossegat per l'aigua.
<b>Afectació a serveis bàsics</b>	Es van produir importants esllavissades que van afectar nombrosos trams de carreteres. Molts municipis van patir talls de llum, telèfon i problemes de subministrament d'aigua. En moltes poblacions del Baix Llobregat van quedar inundats els pous d'aigua potable. També van patir danys algunes vies de tren.
<b>Pèrdues econòmiques</b>	Les pèrdues totals es van valorar en 45.000 milions pessetes (989 milions € de 2013) a tota Catalunya; El <i>Consorcio de Compensación de Seguros</i> va pagar més de 58 milions € de 2013 en indemnitzacions.
<b>Altres conseqüències</b>	Es va produir temporal de mar en algunes zones de la costa catalana.
<b>Gestió emergència</b>	Al Prat de Llobregat es van haver de rescatar treballadors d'algunes fàbriques amb llanxes, així com desallotjar totes les fàbriques i escoles per evitar tragèdies.
<b>Recuperació</b>	No es disposa d'informació

Taula 2.3.2. Danys produïts per l'episodi.

Les pluges als Pirineus Orientals van superar els 500 mm en 48 h en diversos punts de la conca del Segre, el Tet i el Tech (França). La major part de les avingudes es va poder laminar gràcies als embassaments de les principals conques pirinenques, si bé no es va poder evitar el desbordament dels rius Segre, Tech (França), Tet o Llobregat. A l'embassament d'Oliana, situat en la part alta del riu Segre, es va enregistrar una entrada mitja de 1.886 m<sup>3</sup>/s entre les 22:00 i les 23:00 h del dia 7 amb una elevació màxima de nivell de 10,9 m. La Taula 2.3.3 mostra els valors hidrometeorològics més importants de l'episodi, tant a nivell de Catalunya, com de l'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundació de novembre de 1982
<b>Dates episodi</b>	6-8/11/1982
<b>Valors màxims de precipitació</b>	La Molina: 341,8 mm (24 h), 556 mm (total); La Pobla de Lillet: 340,2 mm (total); Senet: 267 mm (total); Vilaller: 237 mm (total); Cabdella: 323 mm (total).
<b>Valors màxims de precipitació a l'AMB</b>	Begues: 34 mm (24 h)
<b>Valors màxims de cabal</b>	Segre (Lleida): 3.200 m <sup>3</sup> /s; Segre (Oliana): 1.886 m <sup>3</sup> /s; Ebre (Tortosa): 3.200 m <sup>3</sup> /s; Llobregat (Martorell): 1.600 m <sup>3</sup> /s; Llobregat (Manresa): 600 m <sup>3</sup> /s; Ter (Sau-Roda): 1.300 m <sup>3</sup> /s.
<b>Valors màxims de cabal a l'AMB</b>	Llobregat (Sant Joan Despí): 1.600 m <sup>3</sup> /s
<b>Valors mitjans de cabal dels rius afectats de l'AMB</b>	Llobregat (Sant Joan Despí): 22,52 m <sup>3</sup> /s

Taula 2.3.3. Valors extrems i hidrometeorològics.

Les Taules 2.3.4 i 2.3.5 sintetitzen els valors extrems a l'AMB:

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA.

ID	Nom	P (mm)
1	Begues	34 (24 h)

Taula 2.3.4. Municipis on es van enregistrar els valors màxims de precipitació total acumulada al llarg de l'episodi o en 24 h, de l'AMB.

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE CABAL MÀXIM.

ID	Lloc	Cabal 1982 (m <sup>3</sup> /s)	Cabal mig novembre (m <sup>3</sup> /s)
1	Sant Joan Despí	1.600	22,52

Taula 2.3.5. Municipis on es van registrar els valors de cabals màxims durant l'episodi a l'AMB, amb indicació dels cabals màxims estimats i el valor del cabal diari mig.

#### IMATGES DE L'EPISODI



Figura 2.3.3. Camps de Molins de Rei inundats pel riu Llobregat (Font: La Vanguardia)



*Figura 2.3.4. Zona Franca inundada (Font: La Vanguardia)*

**INFORMACIÓ SOBRE AQUEST EPISODI A LA RAMBLA:**

<http://larambla.ub.edu/category/inundacions-del-82/>

#### 2.4. EPISODI 28 DE SETEMBRE-5 D'OCTUBRE DE 1987

Les precipitacions que van tenir lloc entre el 28 de setembre i el 5 d'octubre de 1987 a Catalunya van ocasionar importants inundacions i van elevar considerablement els cabals d'alguns rius com el Llobregat i el Ter. A l'efecte de les precipitacions també es va sumar l'efecte devastador del vent, que amb velocitats superiors a 100 km/h en alguns punts, va arrancar molts arbres i va provocar l'ensorrament d'edificis. Aquests inundacions van afectar a diverses poblacions de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, sobretot a Barcelona, Sant Adrià del Besòs i Montcada i Reixac (Taula 2.4.1). Les Figures 2.4.1 i 2.4.2 es mostra l'afectació a escala municipal dins de l'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundacions del 28 de setembre al 5 d'octubre de 1987
<b>Dates episodi</b>	28/09/1987-05/10/1987
<b>Comarques</b>	Baix Llobregat, Barcelonès, Maresme, Vallès Occidental.
<b>Municipis</b>	Barcelona, Gavà, L'Hospitalet de Llobregat, Molins de Rei, Montcada i Reixac, El Prat de Llobregat, Sant Adrià de Besòs, Sant Boi de Llobregat, Viladecans, Castelldefels, Montgat, Pallejà, Sant Feliu de Llobregat, Sant Vicenç dels Horts, Ripollet, El Papiol, Santa Coloma de Gramenet, Santa Coloma de Cervelló, Sant Joan Despí, Cerdanyola del Vallès
<b>Conques afectades</b>	Llobregat, Rieres del Maresme, Torrents de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, Rieres litorals Llobregat.
<b>Altres fenòmens associats</b>	Temporal de vent, Temporal de mar

Taula 2.4.1. Zona de l'AMB afectada per l'episodi.

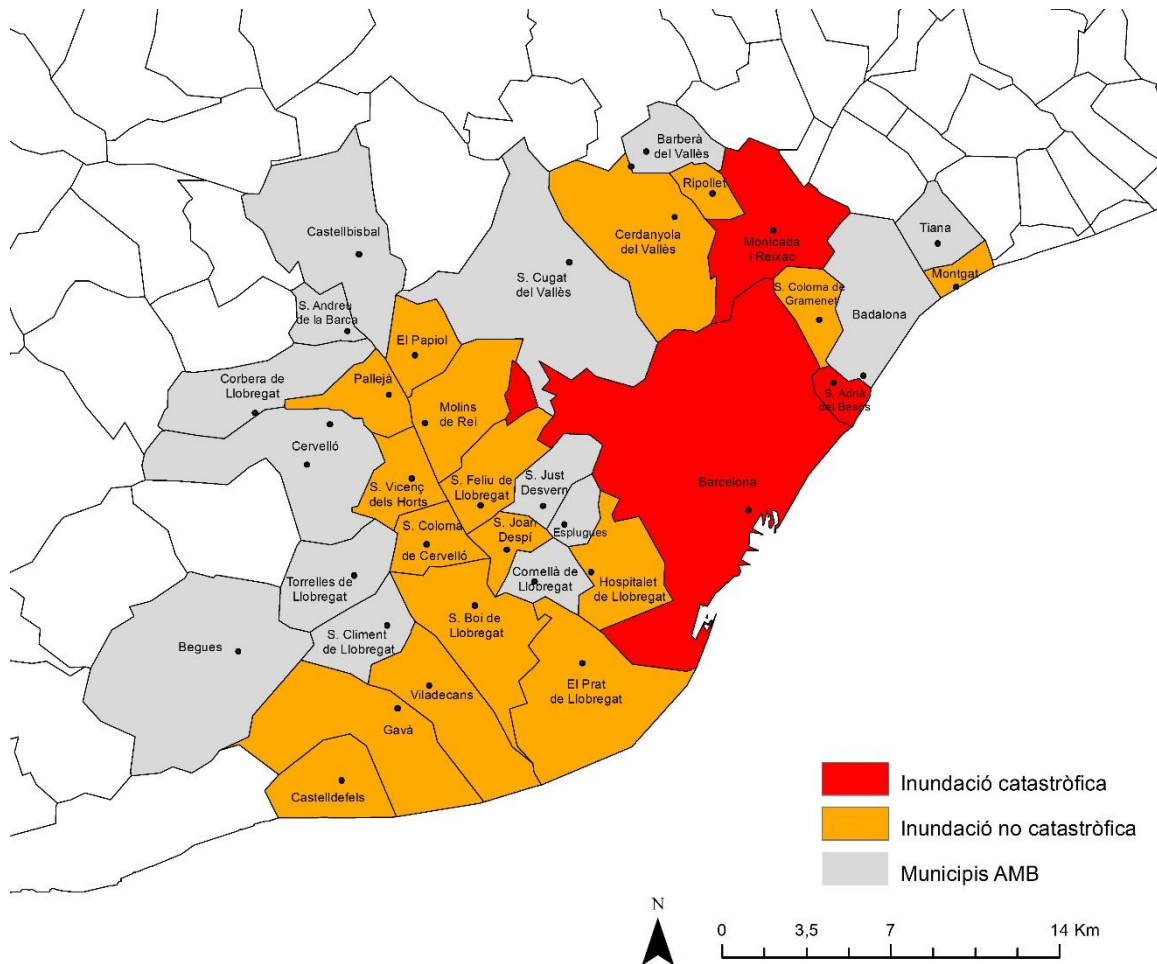


Figura 2.4.1. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona afectats per l'episodi de setembre i octubre de 1987, en vermell quan va ser catastròfic i en taronja quan va ser no catastròfic. Font: BD INUNGAMA.

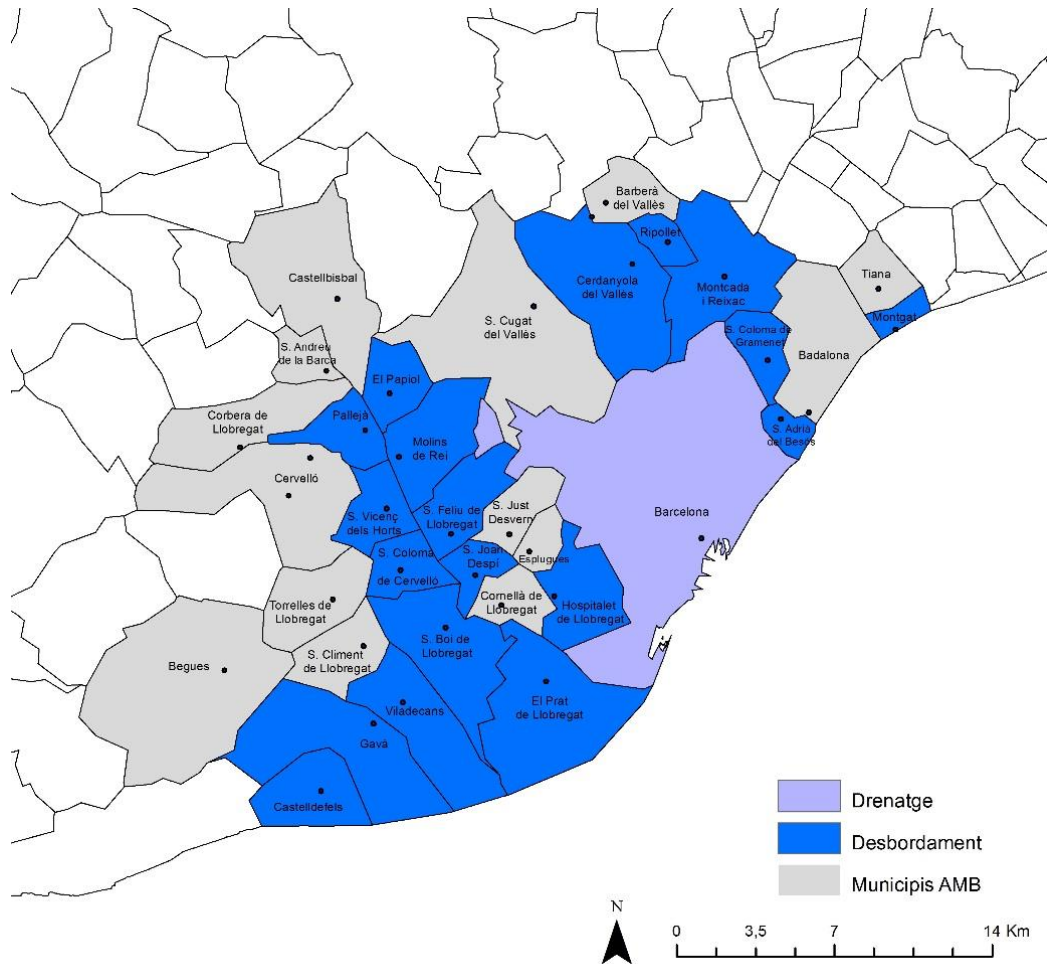


Figura 2.4.2. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona on es van produir inundacions en l'episodi de 1987 i distingint aquelles causades per problemes de drenatge (blau cel) i les causades per desbordament (blau marí). Font: BD INUNGAMA.

Apart de les nombroses pèrdues econòmiques, calculades entre 8.000 i 12.000 milions de les antigues pessetes (entre 117,2 milions i 175,7 milions d'euros del 2013), 8 persones van perdre la vida a tot Catalunya, a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) no se'n va produir cap. Moltes carreteres i línies de tren van ser tallades, i el servei elèctric i telefònic va ser interromput en moltes poblacions. L'aeroport d'El Prat de Llobregat va estar tancat durant dos dies degut als danys causats per un llamp a la seva torre de control. Gran part dels cultius es van veure afectats. A la Taula 2.4.2 es sintetitzen els danys produïts.

<b>Danys</b>	Els danys provocats per l'episodi van ser molt grans. Es van produir nombroses pèrdues en agricultura i ramaderia. Les inundacions a la ciutat de Barcelona van ser molt importants. Una gran quantitat de baixos i soterranis van ser inundats, sobretot de municipis de la costa. A l'efecte de les precipitacions també es va sumar l'efecte devastador del vent que va arrancar molts arbres (81 arbres només a la ciutat de Barcelona) i va provocar l'ensorrament d'alguns edificis. A Ripollet es van haver de desallotjar barraques habitades per 600 persones. Totes les barraques van quedar afectades pel temporal i algunes van ser arrossegades per les aigües del riu Sec. Un gran nombre de cotxes van ser arrossegats per les rieres. El temporal de mar es va emportar part de la sorra de les platges de Montgat.
<b>Víctimes mortals</b>	Es van produir 8 víctimes a tot Catalunya però cap a l'Àrea Metropolitana de Barcelona
<b>Comentaris sobre víctimes de l'AMB</b>	No es va produir cap víctima mortal a l'AMB
<b>Afectació a serveis bàsics</b>	Moltes carreteres i línies de tren van ser tallades degut a les inundacions. L'aeroport del Prat va estar tancat durant més de 18h degut als danys produïts per un llamp als equips de control aeri. Es van cancel·lar un total de 155 vols. El metro de Barcelona també va patir talls degut a inundacions en alguns punts de la xarxa. Es van produir molts talls de subministrament elèctric a tot Catalunya, només a la ciutat de Barcelona 50.000 abonats van ser afectats per aquests talls. Alguns municipis es van quedar sense subministrament d'aigua potable degut a les averies produïdes en algunes instal·lacions com va ser el cas de la depuradora d'Abrera.
<b>Pèrdues econòmiques</b>	Les pèrdues econòmiques a tot Catalunya van oscil·lar entre els 8.000 i 12.000 milions de les antigues pessetes (entre 117,2 milions i 175,7 milions d'euros del 2013). El Consorcio de Compensación de Seguros va pagar 32.185.577 € <sub>2013</sub> en indemnitzacions.
<b>Altres conseqüències</b>	Les precipitacions es van estendre a tota Espanya, provocant inundacions a Andalusia i Llevant, així com esllavissades al País Basc. En molts punts, les pluges van anar acompanyades de calamarsa i fort vent.
<b>Gestió emergència</b>	Protecció Civil va activar l'alerta 3 a les províncies de Girona, Barcelona i Tarragona. Els bombers de la Generalitat van realitzar un total de 1.000 serveis a tot Catalunya durant l'episodi. Es van evacuar 250 persones a Sant Adrià del Besós al desbordar-se el riu.
<b>Recuperació</b>	El 1988 es redacta el primer Pla especial de clavegueram de la ciutat de Barcelona.

Taula 2.4.2. Danys produïts per l'episodi.

Les precipitacions més elevades es van registrar a prop de la costa, fet que no va ajudar a la situació de sequera que es vivia a tota la regió. Mentre que els pantans de Siurana i Riudecanyes van romandre buits durant l'episodi, el llac de Sils, que estava sec des de mitjans de segle XIX, es va omplir d'aigua. La Taula 2.4.3 mostra els valors hidrometeorològics més importants de l'episodi, tant a nivell de Catalunya, com d'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundacions del 28 de setembre al 5 d'octubre de 1987
<b>Dates episodi</b>	28/09/1987-05/10/1987
<b>Valors màxims de precipitació de tot l'episodi</b>	El Prat de Llobregat (aeroport): 153 mm (24 h), 431 mm (total); Girona (aeroport): 177 mm (24 h), 346 mm (total); El Vendrell: 120 mm (24 h), 341 mm (total); Barcelona: 138 mm (24h), 336 (total); Tarragona: 91 mm (24 h), 288 mm (total); Peralada: 209 mm (24 h), 276 mm (total); Reus (Aeroport): 102 mm (24 h), 270 mm (total).
<b>Valors màxims de precipitació a l'AMB</b>	El Prat de Llobregat (aeroport): 153 mm (24 h), 431 mm (total); Barcelona: 138 mm (24h), 336 (total)
<b>Valors mitjans diaris de cabal de tot l'episodi</b>	Muga (Darnius): 61,23 m <sup>3</sup> /s (dia 6); Llobregat (Martorell): 127,8 m <sup>3</sup> /s (dia 5), Llobregat (Guardiola de Berguedà): 65,46 m <sup>3</sup> /s (dia 5); Ter (Roda de Ter): 111,5 m <sup>3</sup> /s (dia 5); Onyar (Girona): 210 m <sup>3</sup> /s (dia 4); Tordera (Sant Celoni): 3,25 m <sup>3</sup> /s (dia 4).
<b>Valors mitjans diaris de cabal a l'AMB</b>	Llobregat (Sant Joan Despí): 130,44 m <sup>3</sup> /s (dia 6)
<b>Valors mitjans mensuals de cabal dels rius afectats de l'AMB</b>	Llobregat (Sant Joan Despí): 20,99 m <sup>3</sup> /s

Taula 2.4.3. *Valors extrems i hidrometeorològics.*

Les Taules 2.4.4 2.4.5 sintetitzen els valors extrems a l'AMB:

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA.

ID	Nom	P (mm)
1	El Prat de Llobregat (Aeroport)	431
2	Barcelona	336

Taula 2.4.4. *Municipis on es van enregistrar els valors màxims de precipitació total acumulada al llarg de l'episodi o en 24 h, de l'AMB.*

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE CABAL MÀXIM.

ID	Lloc	UTMX	UTMY	Cabal diari (m <sup>3</sup> /s)	Cabal mig octubre (m <sup>3</sup> /s)
1	Sant Joan Despí (Llobregat)	421136	4579905	130,44 (dia 6)	20,99

Taula 2.4.5. *Municipis on es van registrar els valors de cabals màxims durant l'episodi a l'AMB, amb indicació dels cabals màxims estimats i el valor del cabal diari mig.*

#### IMATGES DE L'EPISODI



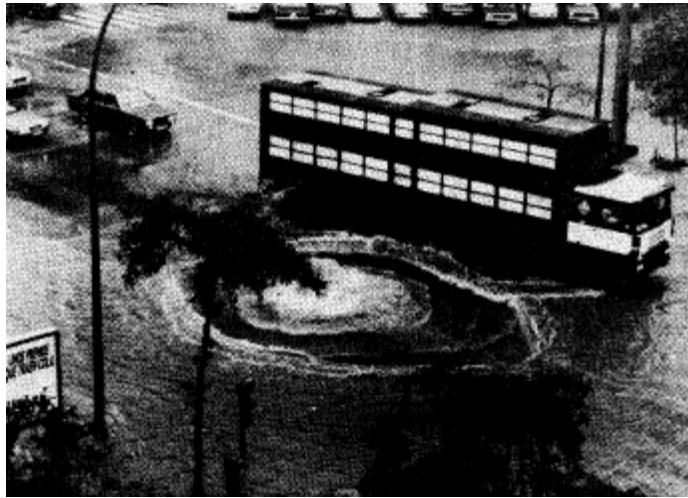
Figura 2.4.3. *Inundacions al carrer Muntaner a Barcelona (Font la Vanguardia)*



*Figura 2.4.4. Problemes amb el clavegueram a Barcelona (Font: La Vanguardia)*



*Figura 2.4.5. Cotxes danyats per les inundacions a Montcada i Reixac (Font: La Vanguardia)*



*Figura 2.4.6. Carrer de Barcelona inundat (Font: La Vanguardia)*

## 2.5. EPISODI 9-11 D'OCTUBRE DE 1994

Els aiguats coneguts com de Sant Tomàs van produir-se entre els dies 9 i 11 d'octubre de 1994. Van afectar principalment el camp de Tarragona, Muntanyes del Montsant i de Prades i la zona del Vallès. L'episodi es va produir després d'un estiu caracteritzat per l'ocurrència de grans incendis forestals. Han estat les inundacions més costoses en termes econòmics ja que van afectar a zones densament poblades com Tarragona i econòmicament importants com el Port de Tarragona o sectors industrials. A la Taula 2.5.1 i a les Figures 2.5.1 i 2.5.2 es mostra l'afectació a escala municipal dins de l'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundació d'octubre de 1994. Aiguats de Sant Tomàs
<b>Dates episodi</b>	09/10/1994-11/10/1994
<b>Comarques</b>	Vallès Occidental, Baix Llobregat, Barcelonès.
<b>Municipis</b>	Sant Vicenç dels Horts, Santa Coloma de Cervelló, Sant Joan Despí, El Prat de Llobregat, Barcelona, Sant Andreu de la Barca, Pallejà, Molins de Rei, Sant Feliu de Llobregat.
<b>Conques afectades</b>	Besòs, Llobregat, Rieres litorals Llobregat, Torrents de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.
<b>Altres fenòmens associats</b>	Temporal de vent.

*Taula 2.5.1. Zona de l'AMB afectada per l'episodi.*

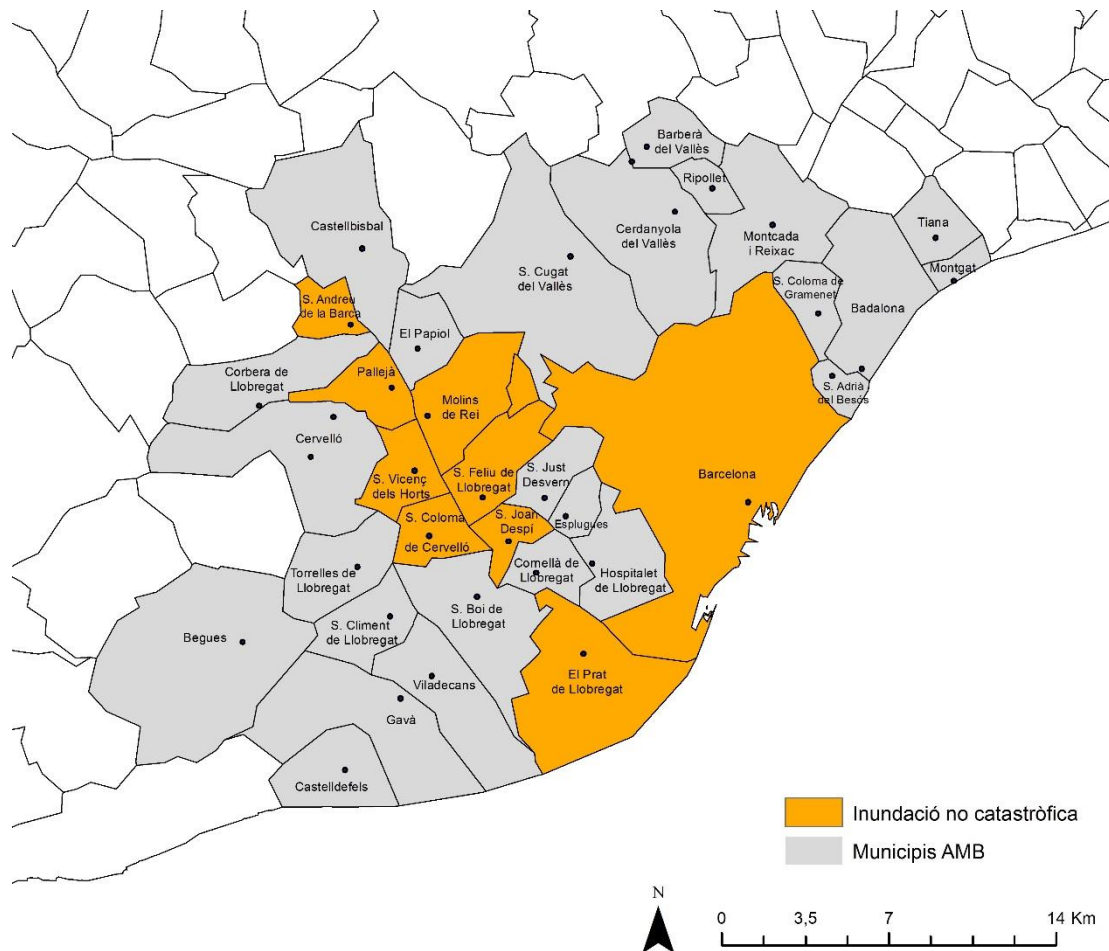


Figura 2.5.1. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona afectats per l'episodi d'octubre de 1994, en vermell quan va ser catastròfic i en taronja quan va ser no catastròfic. Font: BD INUNGAMA.

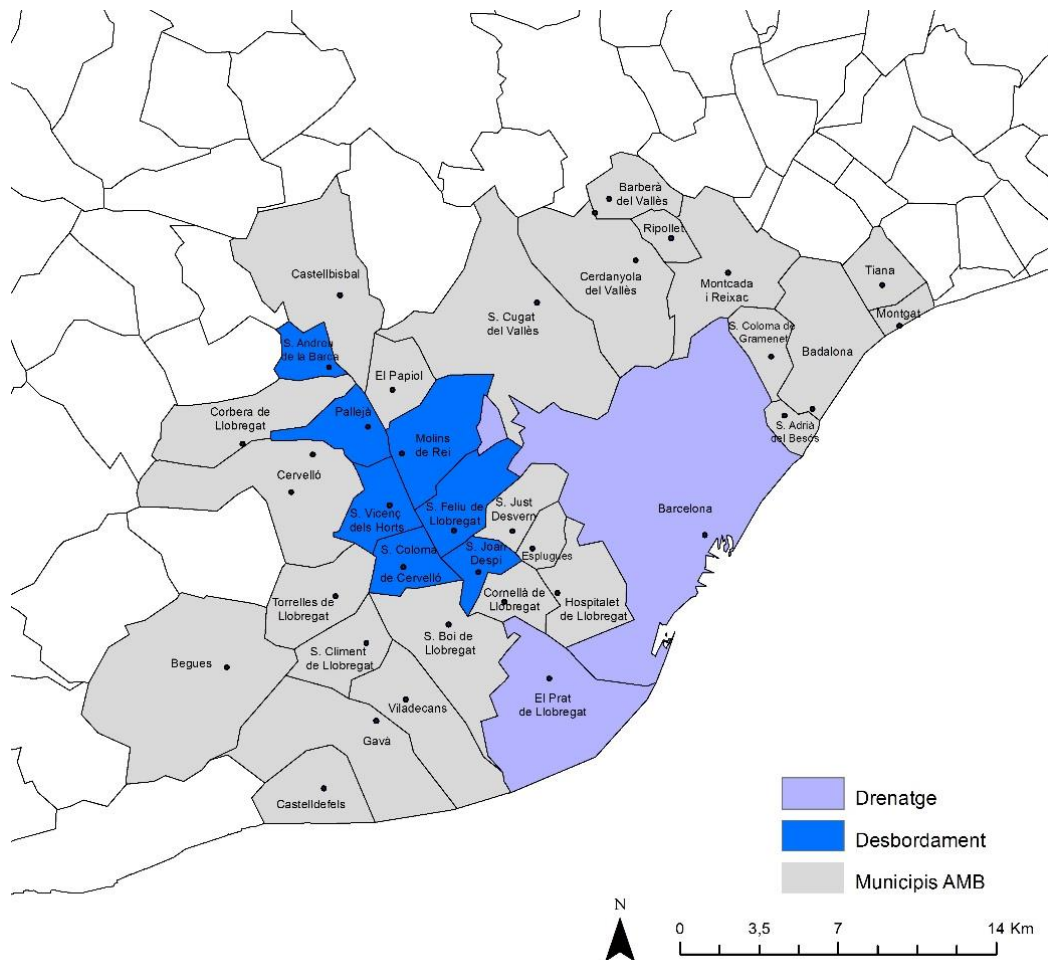


Figura 2.5.2. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona on es van produir inundacions en l'episodi de 1994 i distingint aquelles causades per problemes de drenatge (blau cel) i les causades per desbordament (blau marí). Font: BD INUNGAMA.

Van haver danys valorats en uns 48.000.000€ a tota Catalunya, bàsicament causats pel desbordament del Francolí a l'alçada del Port de Tarragona. A més a més del danys econòmics, hi van haver 10 víctimes mortals. A l'Àrea Metropolitana de Barcelona els danys més importants es van produir per inundacions als camps de cultiu i de carrers i desperfectes a algunes infraestructures hidràuliques. A la Taula 2.5.3 es sintetitzen els danys produïts.

<b>Danys</b>	Les afectacions més importants a l'AMB es van produir en els camps de cultiu, on una gran quantitat van quedar inundats degut al desbordament de rius i rieres. Al Prat de Llobregat es va haver de tancar els accessos al polígon. A la ciutat de Barcelona es van produir inundacions a alguns carrers com a les rondes.
<b>Víctimes mortals</b>	En tot l'episodi es van produir 10 víctimes mortals, cap a l'AMB
<b>Afectació a serveis bàsics</b>	A la ciutat de Barcelona, unes 1000 persones es van quedar sense subministrament elèctric, i unes 5000 sense telèfon. Les fortes precipitacions van obligar a suspendre tan els serveis regionals que enllacen Barcelona amb Lleida i Tarragona, com els trens
<b>Pèrdues econòmiques</b>	El <i>Consorcio de Compensación de Seguros</i> va pagar un total de més de 8.000 milions de pessetes (79 milions d'euros de 2013) en indemnitzacions per tot Catalunya. Segons la premsa els danys totals ascendiren a 23.400 milions de pessetes (234 milions d'euros de 2013). A la ciutat de Barcelona la reparació de ronda es va estimar que costaria uns 60 milions de pessetes. La Diputació de Barcelona va calcular danys per valor de 343 milions de pessetes de 1994.
<b>Altres conseqüències</b>	Informació no disponible
<b>Gestió emergència</b>	Protecció civil va activar l'alerta L, segons el Pla Previmet.
<b>Recuperació</b>	Informació no disponible

Taula 2.5.3. *Danys produïts per l'episodi.*

Es van registrar precipitacions molt elevades de més de 400 mm en algunes zones i fins i tot de 500 mm (en dos dies). Les pluges van ser molt convectives a la serralada prelitoral Catalana. A conseqüència de les pluges els rius van incrementar el seu cabal; en el cas del Llobregat va augmentar 4,60 m respecte el seu nivell habitual al seu pas per Mercabarna. La Taula 2.5.4 mostra els valors hidrometeorològics més importants de l'episodi, tant a nivell de Catalunya, com d'AMB.

<b>Episodi</b>	Inundació d'octubre de 1994. Aiguats de Sant Tomàs
<b>Dates episodi</b>	09/10/1994-11/10/1994
<b>Valors màxims de precipitació</b>	Alforja: 450 mm (240 en 2h30'); Porrera: 415 mm; Prades: 410 mm; Poblet: 400 mm; Cornudella del Montsant: 397 mm; Espluga de Francolí: 350 mm; Vilaplana: 300 mm; Vimbodí: 295 mm; Mont-ral: 236 mm; Montblanc: 231 mm; Figuerola del Camp: 231 mm; Pla de Santa Maria: 205 mm; Falset: 204 mm.
<b>Valors màxims de precipitació a l'AMB</b>	Barcelona: 24,2 mm (total)
<b>Valors màxims de cabal</b>	Els valors màxims de cabal es van registrar a la conca del Francolí en especial el riu Brugent (afluent del Francolí). Tot i així són estimacions degut a que es van trencar les estacions d'aforament. Els estudis fets posteriorment estimen els següents cabals: Brugent (a la Riba): 450 m <sup>3</sup> /s, Francolí (a Valls): 1.300 m <sup>3</sup> /s, Francolí (a Tarragona): 1.600 m <sup>3</sup> /s, Llobregat (a Castellbell i el Vilar): 341,71 m <sup>3</sup> /s, Llobregat (a Martorell): 299,91 m <sup>3</sup> /s, Llobregat (a Sant Joan Despí): 617,96 m <sup>3</sup> /s, Ter (a Roda de Ter): 140,57 m <sup>3</sup> /s, Onyar (a Girona): 219,94 m <sup>3</sup> /s.
<b>Valors màxims de cabal a l'AMB</b>	Llobregat (a Sant Joan Despí): 617,96 m <sup>3</sup> /s
<b>Valors mitjans de cabal dels rius afectats de l'AMB</b>	Llobregat (a Sant Joan Despí): 20,99 m <sup>3</sup> /s

Taula 2.5.4. *Valors extrems i hidrometeorològics.*

Les Taules 2.5.5 i 2.5.6 sintetitzen els valors extrems a l'AMB:

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA.

ID	Nom	P (mm)
1	Barcelona (pl. Sant Miquel)	24,2

Taula 2.5.5. *Municipis on es van enregistrar els valors màxims de precipitació total acumulada al llarg de l'episodi o en 24 h, de l'AMB.*

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE CABAL MÀXIM.

ID	Lloc	Cabal màxim (m <sup>3</sup> /s)	Cabal mig octubre (m <sup>3</sup> /s)
1	Sant Joan Despí (Llobregat)	617,96	20,99

Taula 2.5.6. *Municipis on es van registrar els valors de cabals màxims durant l'episodi a l'AMB, amb indicació dels cabals màxims estimats i el valor del cabal diari mig.*

#### IMATGES DE L'EPISODI

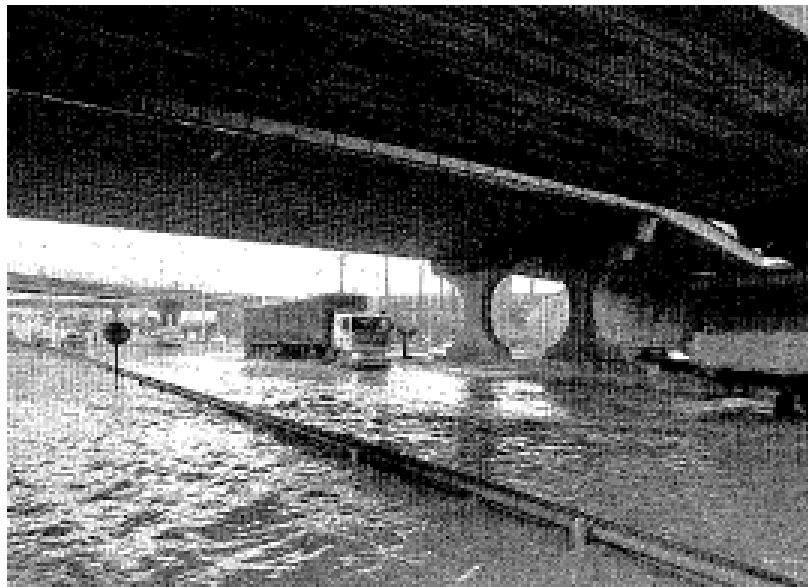


Figura 2.5.3. *Ronda Litoral inundada (Font: La Vanguardia)*

#### INFORMACIÓ SOBRE AQUEST EPISODI A LA RAMBLA:

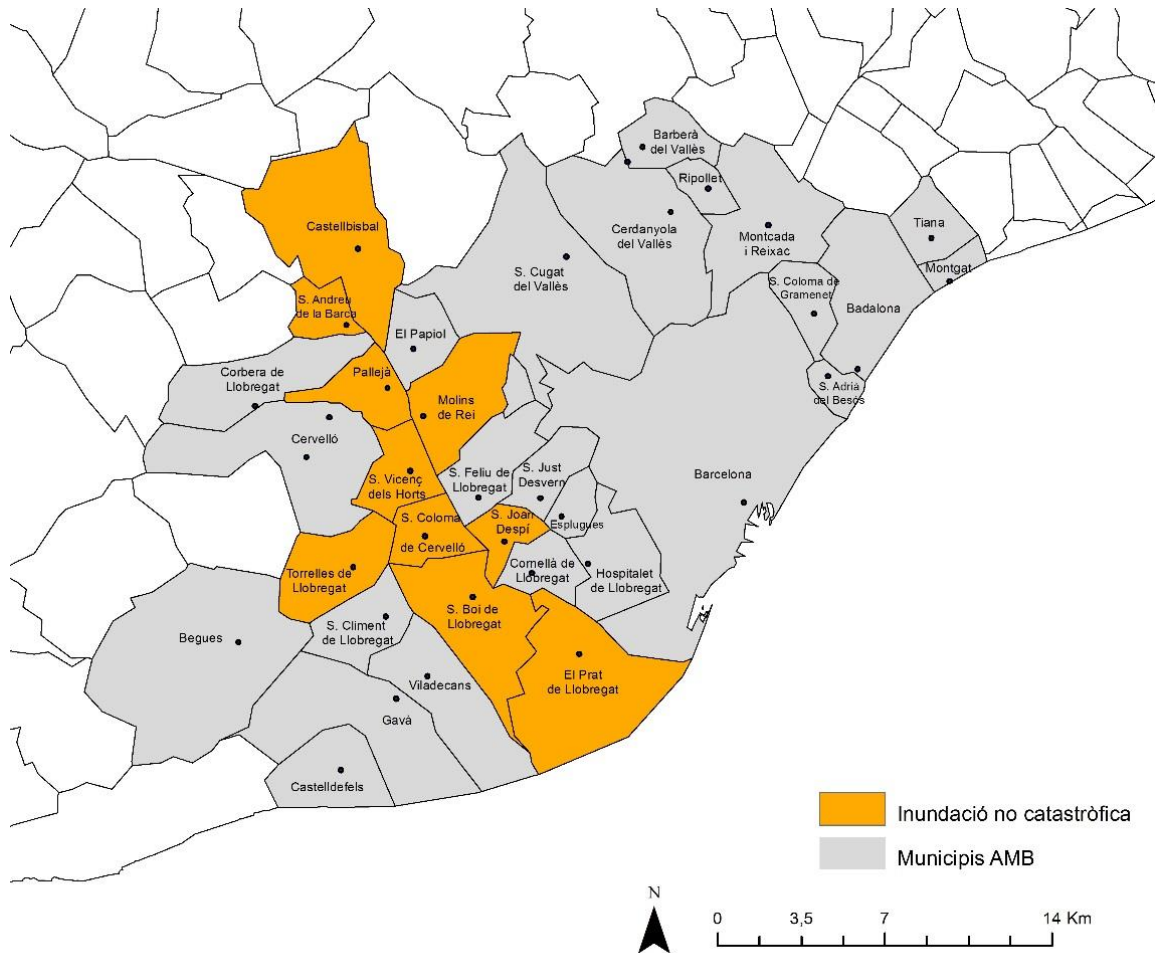
<http://larambla.ub.edu/category/inundacions-del-94/>

## 2.6.EPISODI 10 DE JUNY DE 2000. MONTSERRAT

Durant la matinada del dia 10 de Juny del 2000 es va produir una tromba d'aigua sobre Catalunya que va causar greus desperfectes a les comarques del Bages, Osona, Anoia i Baix Penedès, tant per la pluja i les inundacions com per les esllavissades i caiguda de pedres. A la Taula 2.6.1 i a les Figures 2.6.1 i 2.6.2 es mostra l'afectació a escala municipal dins de l'AMB.

<b>Episodi</b>	Les inundacions del 9-10 de juny del 2000: l'episodi de Montserrat
<b>Dates episodi</b>	9/06/2000-10/06/2000
<b>Comarques</b>	Baix Llobregat
<b>Municipis</b>	Castellbisbal, Molins de Rei, Pallejà, Sant Andreu de la Barca, Sant Boi de Llobregat, Sant Joan Despí, Sant Vicenç dels Horts, Santa Coloma de Cervelló, Torrelles, El Prat de Llobregat.
<b>Conques afectades</b>	Llobregat, Rieres litorals del Llobregat.
<b>Altres fenòmens associats</b>	Esllavissades, temporal de vent.

*Taula 2.6.1. Zona de l'AMB afectada per l'episodi.*



*Figura 2.6.1. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona afectats per l'episodi de juny 2000, en vermell quan va ser catastròfic i en taronja quan va ser no catastròfic. Font: BD INUNGAMA.*

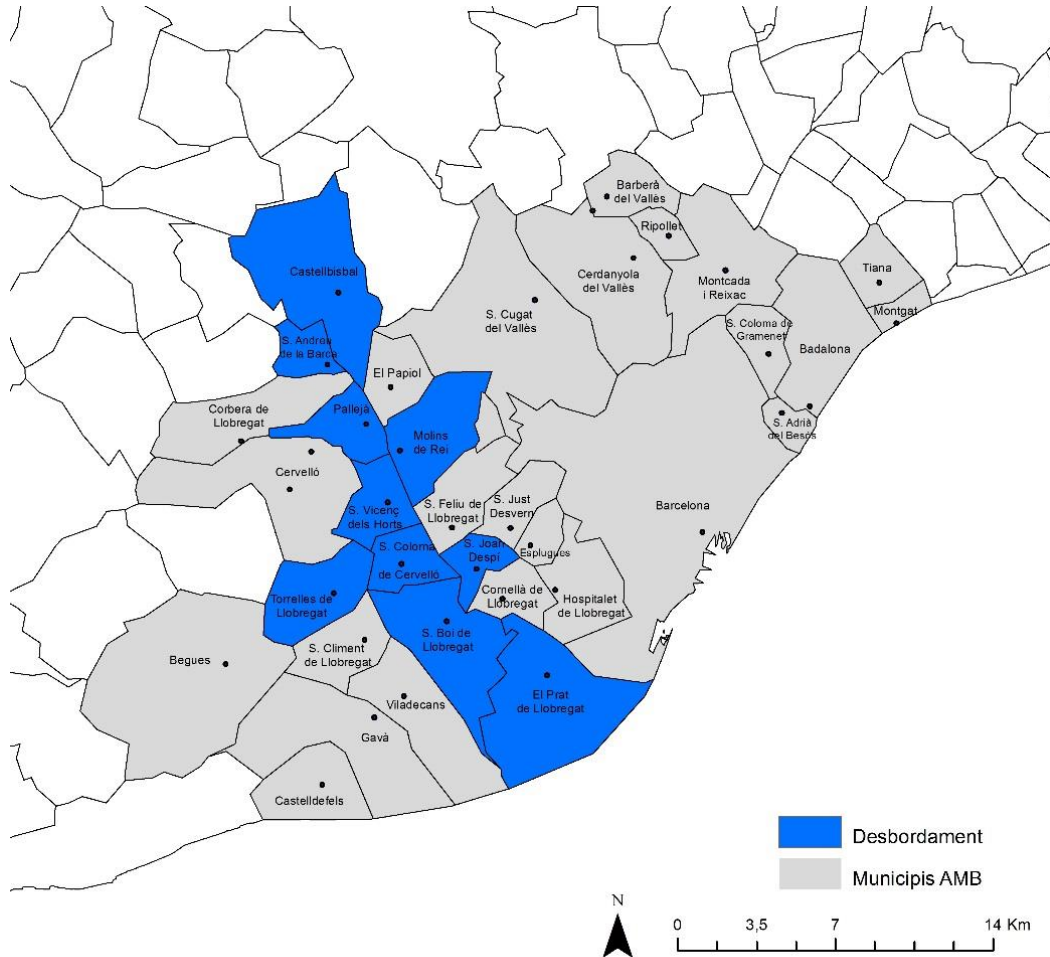


Figura 2.6.2. Mapa on s'indiquen els municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona on es van produir inundacions en l'episodi de 2000 i distingint aquelles causades per problemes de drenatge (blau cel) i les causades per desbordament (blau marí). Font: BD INUNGAMA.

Els danys van ser valorats en més de 65 milions d'euros i van haver 5 víctimes mortals. Els danys materials més destacables foren la destrucció parcial del Monestir de Montserrat, la destrucció total del pont més recent de l'autovia N-II sobre la riera a l'alçada d'Esparreguera, la destrucció del barri de la Farinera, a Sant Vicenç de Castellet i la inundació produïda al Vendrell causada pel desbordament de la riera de Lluch. A tot això hem d'afegir-hi desbordaments d'altres rieres de la conca del Llobregat, amb destrucció total de ponts, inundacions dels baixos de les cases a nombroses poblacions, talls en els subministraments elèctrics, telefònics i d'aigua potable, així com la pèrdua parcial de vies de transport. A l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), els danys més importants es van produir per desperfectes a infraestructures hidràuliques i per inundacions d'algunes indústries i zones agrícoles, com va ser el cas del municipi d'El Prat de Llobregat. A la Taula 2.6.2 es sintetitzen els danys produïts.

<b>Danys (descripció)</b>	Les principals afectacions a l'AMB es van produir en les infraestructures hidràuliques de rius i rieres, com el trencament del col·lector de la depuradora d'El Prat de Llobregat o del col·lector que es va obturar al torrent de Torrelles de Llobregat. Al Prat de Llobregat algunes fàbriques es van veure afectades per les inundacions.
<b>Víctimes mortals</b>	En el total de l'episodi es van produir 5 víctimes mortals, cap a l'AMB.
<b>Afectació a serveis bàsics</b>	Talls telefònics i en el subministrament d'aigua potable, d'electricitat, de carreteres i afectacions en trens.
<b>Pèrdues econòmiques</b>	Les pèrdues es valoren en uns 65 milions d'euros (uns 90 milions d'euros de 2013). El Consorci de Compensació de Seguros va pagar 38,3 milions d'euros (de 2013). A l'AMB la xifra va ascendir a 3,2 milions d'euros de 2015.
<b>Altres conseqüències</b>	El trencament d'un col·lector del riu Llobregat al Bruc, Collbató i Esparreguera va afectar al nivell de salinitat del riu, fet que va produir que la planta potabilitzadora de Sant Joan Despí, que subministrava aigua al 40% de la població de l'AMB, hagués d'incorporar aigua procedent de pous per contrarestar. Tot i les pluges, les reserves d'aigua de la ciutat de Barcelona es trobaven a la meitat de la seva capacitat màxima.
<b>Gestió emergència</b>	Informació no disponible
<b>Recuperació</b>	Al Prat de Llobregat es va haver de restaurar alguns murs de protecció.

Taula 2.6.2. *Danys produïts per l'episodi.*

En alguns indrets de Catalunya es totalitzaren més de 250 mm en menys de 24 hores, amb quantitats horàries que superaren els 100 mm com a conseqüència, principalment, de l'estacionarietat del sistema convectiu. La Taula 2.6.3 mostra els valors hidrometeorològics més importants de l'episodi, tant a nivell de Catalunya, com d'AMB.

<b>Episodi</b>	Les inundacions del 9-10 de juny del 2000: l'episodi de Montserrat
<b>Dates episodi</b>	9/06/2000-10/06/2000
<b>Hora inici –hora fi</b>	Entre les 02:00-05:00 es va produir el màxim de precipitacions.
<b>CoordX, coordY</b>	Esparreguera: UTMX 405802, UTM Y 4599324
<b>Municipi o zona</b>	Montserrat
<b>Valors màxims de precipitació</b>	Collbató: 257 mm; Rajadell: 224 mm; Bruc: 210 mm; Sant Salvador de Guardiola: 203 mm. D'aquestes quantitats cal destacar que més del 80% de la precipitació acumulada fou recollida en menys de 12 hores.
<b>Valors màxims de precipitació a l'AMB</b>	Cornellà de Llobregat: 13,5 mm (24 h) Barcelona: 0,9 mm (total)
<b>Valors màxims de cabal</b>	Llobregat (Castellbell i el Vilar): 1.100 m <sup>3</sup> /s; Llobregat (Martorell): 1.400 m <sup>3</sup> /s; Riera Magarola (Pont de Magarola): 628 m <sup>3</sup> /s (reconstruït).
<b>Valors màxims de cabal a l'AMB</b>	Llobregat (*Martorell): 1.400 m <sup>3</sup> /s
<b>Valors mitjans de cabal dels rius afectats de l'AMB</b>	Llobregat (*Martorell): 21,74 m <sup>3</sup> /s

Taula 2.6.3. *Valors extrems i hidrometeorològics. \*S'indica el valor de Martorell per ser el més proper a l'AMB del que es disposen dades.*

Les Taules 2.6.4 i 2.6.5 sintetitzen els valors extrems a l'AMB:

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE PRECIPITACIÓ MÀXIMA.

ID	Nom	P (mm)
1	Cornellà de Llobregat	13,5
2	Barcelona (c/ València)	0,9

Taula 2.6.4. *Municipis on es van enregistrar els valors màxims de precipitació total acumulada al llarg de l'episodi o en 24 h, de l'AMB.*

#### LOCALITZACIÓ DE VALORS DE CABAL MÀXIM.

ID	Lloc	Cabal màxim (m <sup>3</sup> /s)	Cabal mig juny (m <sup>3</sup> /s)
1	Martorell (Llobregat)	1.400	21,74

Taula 2.6.5. *Municipis on es van registrar els valors de cabals màxims durant l'episodi a l'AMB, amb indicació dels cabals màxims estimats i el valor del cabal diari mig.*

La situació meteorològica es va caracteritzar per l'arribada d'un front fred associat a una depressió freda molt profunda, donant lloc a nevades, vents de més de 90 km/h i pluges a diverses zones d'Espanya. La presència d'un potent anticicló sobre el centre d'Europa va dificultar l'avançament de la pertorbació, que el dia 13 encara es mantenia sobre el Mediterrani Occidental, produint pluges a les Illes Balears, al Sud de França i a Itàlia.

## IMATGES DE L'EPISODI



Figura 2.6.3. Riu Llobregat a Monistrol (Font: GAMA)

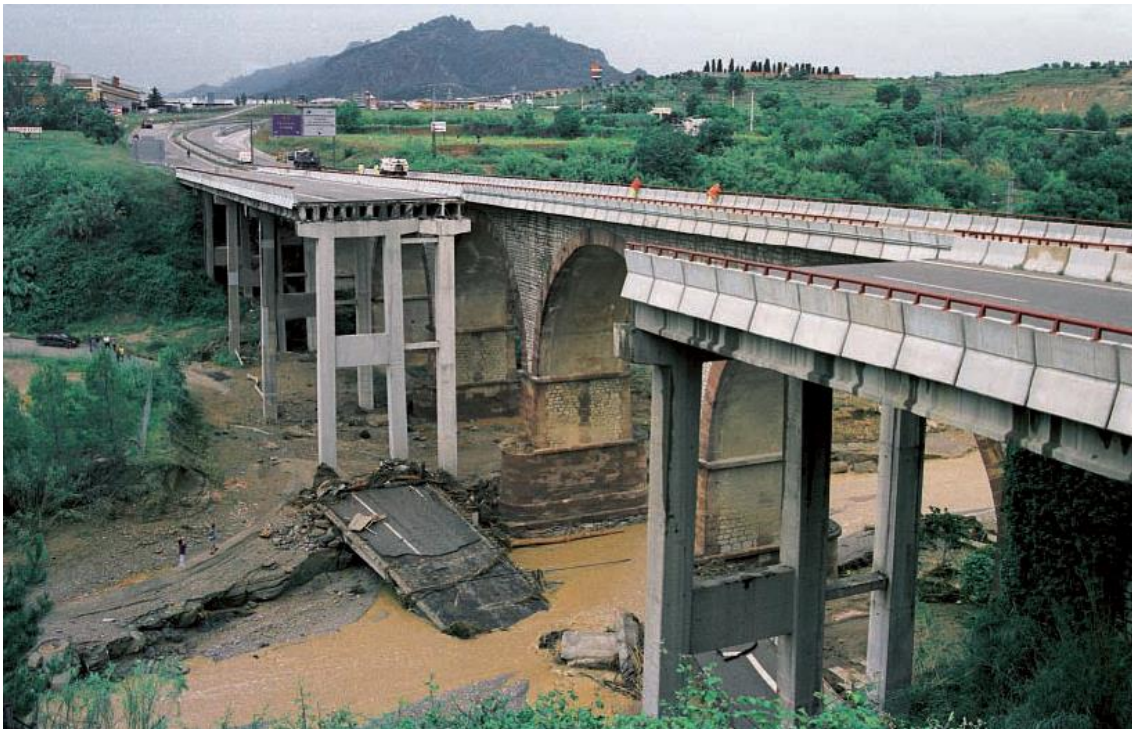


Figura 2.6.4. Pont N-II entre Abrera i Esparreguera destruït (Font: La Vanguardia)



*Figura 2.6.5. Efectes de l'episodi al Vendrell (Font: La Vanguardia)*

### 3. EINES PER LA DIVULGACIÓ I SENSIBILITZACIÓ DE LA POBLACIÓ ENFRONT EL RISC D'INUNDACIONS





## A. Mesurant la pluja...

Les estacions meteorològiques enregistren diverses variables meteorològiques amb els aparells corresponents. Moltes d'elles són automàtiques i recullen les dades sense intervenció de personal, altres són manuals.

Els principals elements que les componen són:

**Termòmetre:** mesura la temperatura de l'aire. Per realitzar una mesura correcta, el termòmetre s'instal·la en un armari elevat que permet el pas de l'aire però no de la insolació.

**Baròmetre:** registra els canvis de pressió atmosfèrica, és a dir, el pes de l'aire sobre el terra.

**Pluviòmetre:** recipient en el que s'acumula l'aigua de la pluja o neu. En llocs amb temperatures inferiors a 0°C disposa de resistències per a fondre la neu. Permet mesurar la precipitació caiguda.

**Higròmetre:** mesura la humitat relativa de l'aire (quantitat de vapor d'aigua present en l'aire).

**Heliògraf:** esfera de cristall que concentra els rajos solars cremant un punt d'un paper graduat. Mesura la insolació solar, és a dir, les hores de llum solar i la seva intensitat segons el traç cremat.

**Anemòmetre:** Petita hèlix que gira amb la força del vent. Permet mesurar la velocitat del vent.

La següent fotografia correspon a una estació meteorològica que esta situada al terrat de la Facultat de Física.

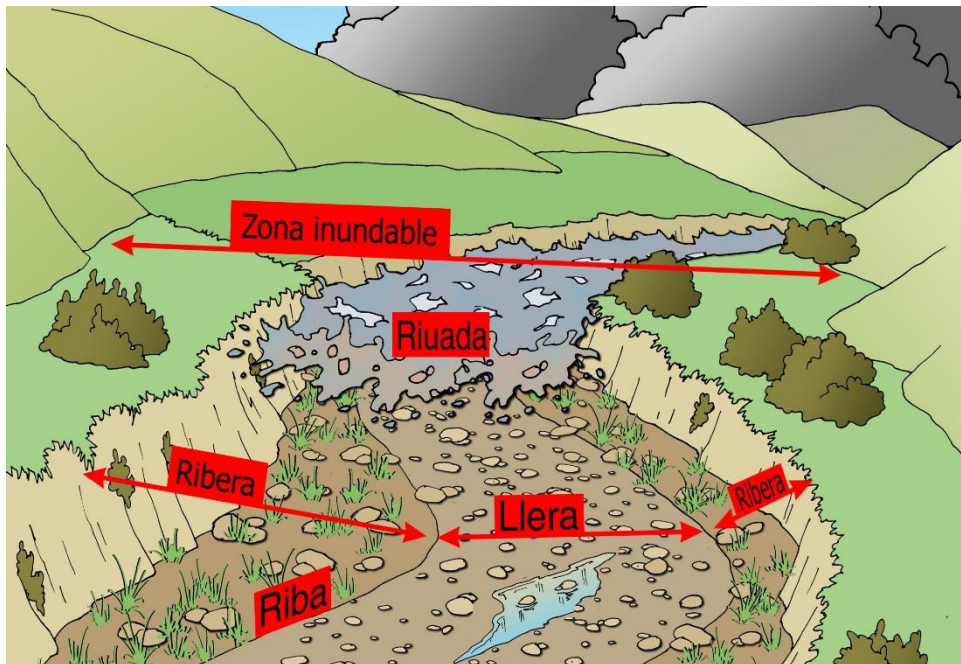
*Sabries identificar els elements que la componen?*



Estació meteorològica de la Facultat de Física de la UB (GAMA)

## B. Els camins de l'aigua...

Al llarg del territori hi ha nombrosos rius i rieres, alguns només tenen aigua en determinades èpoques de l'any quan plou, per això és important respectar les zones inundables. Amb aquest esquema podràs diferenciar les parts més importants:



**Riera o rambla:** llit natural de les aigües pluvials, habitualment sec, que s'omple amb pluges abundants.

**Riuada:** avinguda, inundació, crescuda del riu.

**Llera:** llit del riu.

**Riba o marge:** tros de terra que està més immediat a l'aigua.

**Riberes:** terra propera al riu tot i que no estigui al seu marge.

**Zona inundable:** extensió de terra a ambdós costats del riu que pot inundar-se en grans riuades.

*Sabries diferenciar aquestes zones en la següent fotografia?*



Riera de Rubí (GAMA)

## C. Quan plou molt...



Inundacions a Molins de Rei la nit del 3 de novembre de 2015 (Via @Riu\_Molins)

A Molins de Rei la nit del 3 de novembre de 2015 va ploure intensament ocasionant inundacions en alguns carrers. És habitual que quan plou molt hagi zones que s'inundin amb més facilitat que altres.

*Sabries identificar-les?*

Pots consultar les zones inundables a FLOOD-UP <http://www.floodup.ub.edu/donde-se-producen/>

A algunes cases de pobles i ciutats tenen unes vies metàl·liques per poder posar una fusta davant la porta que evita que entri aigua quan baixa aigua pel carrer, això ens pot ser útil per saber a quins carrers s'han produït inundacions en el passat.



Vies per posar estructura de protecció a finca del carrer Marques de Barberà, Barcelona (GAMA)

*N'hi ha a prop de casa teva? Fes la foto i puja-la al mapa mitjançant l'App FLOODUP<sup>1</sup>*

Més informació a : <http://www.floodup.ub.edu/como-prepararnos/>

Una altra manera de conèixer la relació dels llocs amb l'aigua és a través dels topònims, els noms dels llocs: <http://www.floodup.ub.edu/las-inundaciones-y-la-cultura/>

---

<sup>1</sup> App disponible per Android i iOS, codis QR al final del document.

## D. Quan plou a Barcelona...



Pluviòmetre de BCASA (Font: BCASA)

*Barcelona Cicle de l'Aigua (BCASA)* té pluviòmetres repartits per la ciutat a través dels quals fa seguiment de les precipitacions, també hi ha una xarxa de limnímetres que són aparells que mesuren l'alçada de l'aigua.



Imatge d'un dia de pluja a Barcelona (Font: GAMA)

En cas de pluges importants els dipòsits pluvials tenen un paper molt important. *Saps com funcionen?*

A <http://www.floodup.ub.edu/como-prepararnos/> trobaràs les respostes



Fotografia del dipòsit pluvial del Parc Joan Miró (Font: BCASA)

A Barcelona hi ha 1.834 quilòmetres de xarxa de clavegueram, a través dels quals hi passen cada any, aproximadament, 150 Hm<sup>3</sup> d'aigua.

*Posa a prova els teus coneixements sobre inundacions a través dels qüestionaris breus de La Rambla: <http://larambla.ub.edu/category/que-en-sabem/>*

## E. Saps què has de fer en cas d'inundacions?

### PER A PREVENIR:

- Conèixer el risc d'inundacions de la zona.
- Mantenir nets els voltants de casa teva de materials que puguin arrossegar l'aigua.
- Revisar periòdicament l'estat de la casa, amb especial atenció als desguassos.
- No aparcar el cotxe en rieres seques.
- No acampar prop del riu o en rieres seques.
- No construir en una zona on hi hagi risc d'inundacions.



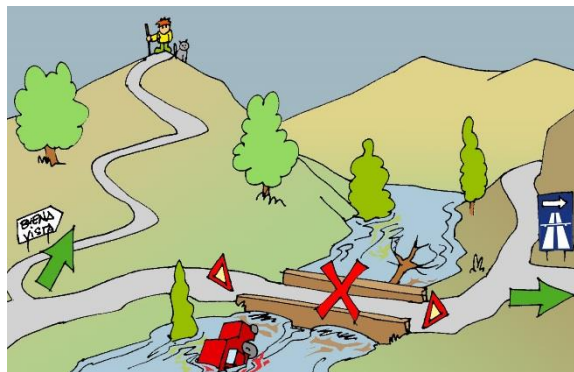
### DURANT LA INUNDACIÓ, SI ESTÀS DINS DE CASA:

- Pujar a la part alta de l'edifici.
- Tancar portes i finestres. Desconnectar la llum, el gas i tancar la clau de pas de l'aigua.
- Conservar seca la documentació i el telèfon mòbil. Buscar refugi, portar roba d'abric, aigua, menjar i llanterna.
- Mantenir-te informat per ràdio.



## DURANT LA INUNDACIÓ, SI ESTÀS A L'EXTERIOR, FORA DE CASA:

- Allunyar-te dels cursos fluvials i dirigir-te al punt més alt de la zona.
- Evitar creuar ponts tot i que sembli que estan en bon estat.
- No creuar rius ni rieres, ni a peu, NI EN COTXE: els vehicles floten. En aquest cas: abandonar el vehicle el més ràpid possible.
- En cotxe circular per les vies principals, descartant les carreteres secundàries.

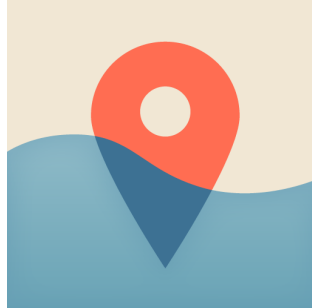


## DESPRÉS, EN TORNAR A CASA:

- Revisar l'edifici contemplant el risc de desplomar-se.
- Si l'aigua no té garanties de potabilitat, beure-la envasada o bullir-la abans.
- Retirar el més aviat possible els animals morts.



## F. L'App floodup

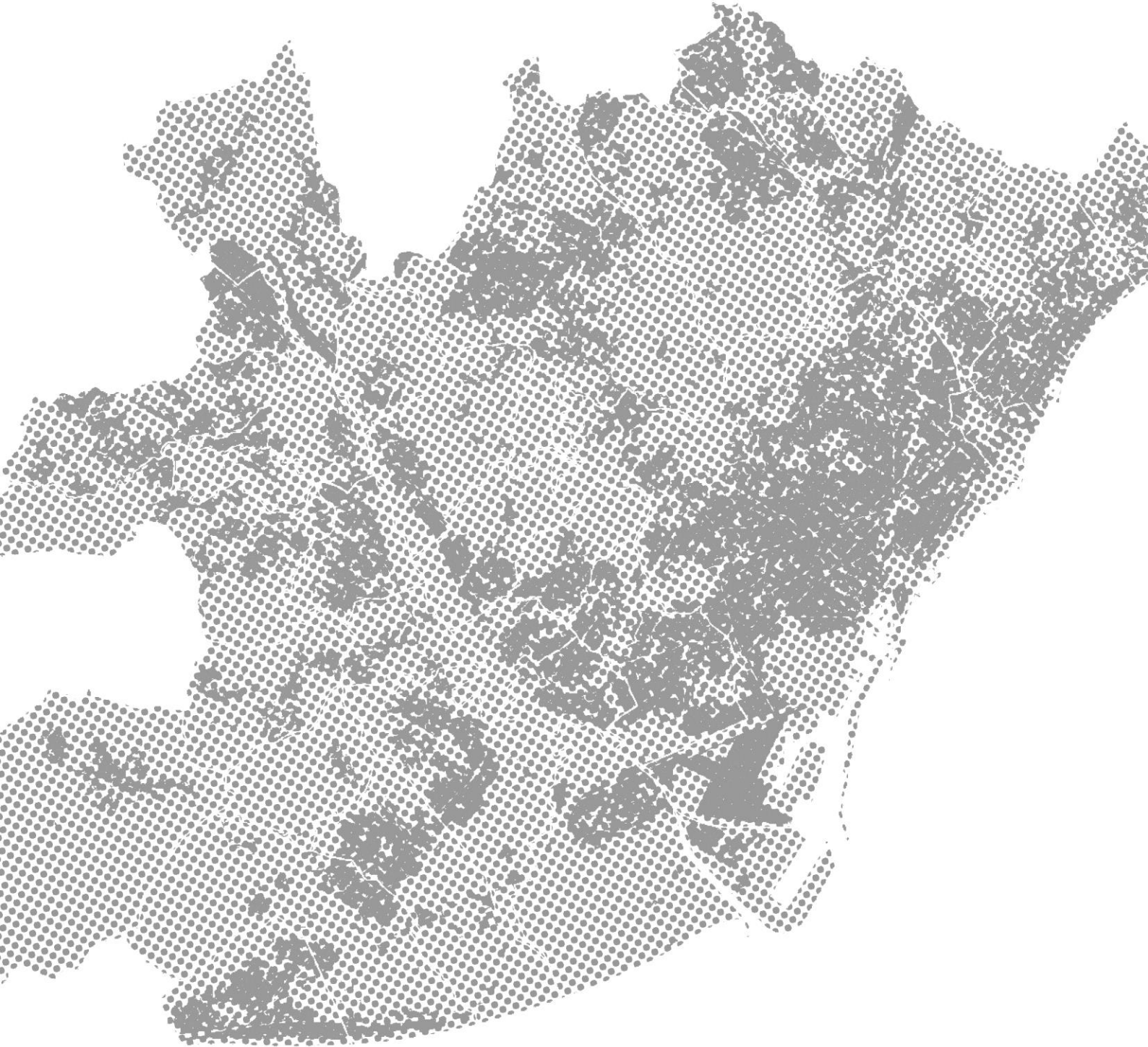


Aquesta aplicació et permetrà veure i compartir, en temps real, observacions d'inundacions i els seus efectes. També podràs aportar informació sobre altres fenòmens relacionats, llocs que poden estar en risc, testimonis d'inundacions històriques, infraestructures significatives o punts emblemàtics en relació amb les inundacions.

La informació recollida mitjançant aquesta App es podrà consultar en aquesta mateixa App o a la pàgina web del projecte FLOOD-UP ([www.floodup.ub.edu](http://www.floodup.ub.edu)).

“FLOOD-UP. Explorant la nostra resiliència davant les inundacions” és un projecte de sensibilització i ciència ciutadana sobre el risc d'inundacions i el seu impacte en el nostre entorn finançat per la Fundació Espanyola per a la Ciència i la Tecnologia – Ministeri d'Economia i Competitivitat.

# ***ANNEXOS***





## ÍNDEX

<b>ANNEX I.</b> Episodis d'inundacions pels municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (1900-2010) .....	2
<b>ANNEX II.</b> Distribució i evolució mensual d'episodis d'inundacions a l'Àrea Metropolitana de Barcelona .....	10
<b>ANNEX III.</b> Distribució i evolució trimestral dels episodis d'inundacions a l'Àrea Metropolitana de Barcelona .....	16
<b>ANNEX IV.</b> Distribució i evolució anual del nombre d'episodis d'inundació .....	19
<b>ANNEX V.</b> Indemnitzacions pagades pel CCS per inundacions.....	22
<b>ANNEX VI.</b> Gràfics sobre els índex d'extrems per les estacions de l'Aeroport i la sèrie de Barcelona.....	23
<b>ANNEX VII.</b> Taules d'escorrentia mitja ponderada (mm) per cada municipi seleccionat per una precipitació de 140 mm i considerant diferents Ce. ....	27

## ANNEX I. Episodis d'inundacions pels municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (1900-2010)

Es presenten per a cada municipi la taula amb els episodis que s'hi han produït indicant la data d'inici.

Data de l'episodi	<b>BARCELONA</b>	
11/09/1901	19/10/1985	17/09/1996
22/08/1909	25/10/1985	14/10/1966
28/09/1913	01/03/1986	13/09/1997
22/09/1915	28/09/1986	23/10/1997
26/07/1920	30/07/1987	25/09/1998
14/06/1922	28/09/1987	02/12/1998
14/08/1926	29/09/1988	03/09/1999
31/08/1926	08/11/1988	13/09/1999
26/10/1928	09/08/1989	17/10/1999
14/09/1934	14/11/1989	14/07/2001
12/10/1935	22/05/1990	31/07/2002
16/04/1942	08/05/1991	08/10/2002
20/08/1942	25/09/1991	17/08/2003
24/02/1944	04/10/1991	27/09/2003
27/02/1948	11/12/1991	16/10/2003
01/10/1951	24/08/1993	02/09/2004
19/09/1959	26/08/1993	02/08/2005
19/09/1971	06/09/1993	05/09/2005
06/12/1971	22/09/1993	11/10/2005
21/08/1981	30/09/1993	12/09/2006
07/08/1982	23/09/1994	17/02/2007
22/10/1982	29/09/1994	03/04/2007
06/11/1982	09/10/1994	12/08/2007
22/08/1983	18/10/1994	12/07/2008
06/11/1983	06/08/1995	17/10/2008
27/08/1984	24/08/1995	14/09/2009
05/11/1984	21/09/1995	22/10/2009
08/10/1985	17/04/1996	

Taula I.1. Episodis d'inundació a Barcelona.

Data de l'episodi	<b>PRAT DE LLOBREGAT</b>	
21/09/1901	27/03/1982	21/09/1995
12/10/1907	07/08/1982	17/04/1996
07/11/1907	06/11/1982	14/10/1996
28/09/1913	06/11/1983	18/11/1996
27/04/1942	14/03/1984	18/08/1998
13/12/1943	28/09/1987	10/06/2000
01/10/1951	22/05/1990	31/08/2001
25/09/1962	15/08/1993	05/09/2005
19/09/1971	06/09/1993	17/09/2005
16/02/1982	09/10/1994	

Taula I.2. Episodis d'inundació al Prat de Llobregat.

Data de l'episodi	<b>HOSPITALET DE LLOBREGAT</b>	
17/10/1940	08/10/1985	17/04/1996
27/04/1942	28/09/1986	17/09/1996
13/12/1943	30/07/1987	02/12/1998
24/02/1944	28/09/1987	13/09/1999
19/09/1971	09/08/1989	31/07/2002
21/08/1981	22/10/1990	08/10/2002
16/02/1982	06/09/1993	05/09/2005
06/11/1982	29/09/1994	12/09/2006
06/11/1983	21/09/1995	01/06/2008

Taula I.3. Episodis d'inundació a l'Hospitalet de Llobregat.

Data de l'episodi	<b>CASTELLDEFELS</b>	
07/08/1982	21/09/1995	20/09/2003
08/10/1985	19/06/1997	27/09/2003
28/09/1987	18/08/1998	02/09/2004
29/09/1988	25/09/1998	19/08/2005
08/11/1988	02/12/1998	05/09/2005
06/08/1990	13/09/1999	12/09/2006
26/08/1993	31/08/2001	12/08/2007
06/09/1993	12/09/2002	
29/09/1994	08/10/2002	

Taula I.4. Episodis d'inundació a Castelldefels.

Data de l'episodi	<b>CORNELLÀ DE LLOBREGAT</b>	
21/09/1901	17/09/1974	03/09/1999
12/10/1907	21/08/1981	14/07/2001
28/09/1913	06/11/1982	31/07/2002
13/12/1943	28/09/1986	08/10/2002
24/02/1944	30/07/1987	05/09/2005
25/09/1962	15/08/1993	17/02/2007
19/09/1971	17/04/1996	
07/09/1973	02/12/1998	

Taula I.5. Episodis d'inundació a Cornellà de Llobregat.

Data de l'episodi	<b>SANT BOI DE LLOBREGAT</b>	
21/09/1901	06/12/1971	08/11/1988
07/11/1907	07/09/1973	22/05/1990
31/08/1926	21/08/1981	06/09/1993
17/10/1940	16/02/1982	18/10/1994
27/04/1942	06/11/1982	17/04/1996
13/12/1943	06/11/1983	25/09/1998
19/09/1971	28/09/1987	10/06/2000

Taula I.6. Episodis d'inundació a Sant Boi de Llobregat.

Data de l'episodi	<b>GAVÀ</b>	
31/08/1926	22/05/1990	02/12/1998
25/09/1962	29/09/1994	13/09/1999
06/11/1982	21/09/1995	31/08/2001
08/10/1985	19/06/1997	12/09/2002
28/09/1987	21/09/1997	08/10/2002
29/09/1988	18/08/1998	
08/11/1988	25/09/1998	

Taula I.7. Episodis d'inundació a Gavà.

Data de l'episodi	<b>MOLINS DE REI</b>	
21/09/1901	19/09/1971	08/11/1988
28/09/1913	06/12/1971	09/10/1994
31/08/1926	06/11/1982	21/09/1997
17/10/1940	06/11/1983	02/12/1998
24/02/1944	28/09/1987	10/06/2000
25/09/1962	29/09/1988	08/10/2002

Taula I.8. Episodis d'inundació a Molins de Rei.

Data de l'episodi	<b>MONTGAT</b>	
10/10/1962	25/09/1991	10/08/2002
06/11/1982	26/10/1993	23/09/2002
28/09/1987	21/09/1997	07/09/2003
08/11/1988	13/09/1999	05/09/2005
22/10/1990	04/08/2000	12/08/2007
08/08/1991	31/07/2002	

Taula I.9. Episodis d'inundació a Montgat.

Data de l'episodi	<b>SANT FELIU DE LLOBREGAT</b>	
21/09/1901	06/11/1982	09/10/1994
28/09/1913	06/11/1983	06/08/1995
24/02/1944	28/09/1987	17/04/1996
25/09/1962	08/11/1988	02/12/1998
06/12/1971	22/05/1990	
17/09/1974	18/05/1993	

Taula I.10. Episodis d'inundació a Santa Feliu de Llobregat.

Data de l'episodi	<b>VILADECANS</b>	
31/08/1926	22/05/1990	02/12/1998
06/11/1983	15/08/1993	08/10/2002
08/10/1985	29/09/1994	05/09/2005
28/09/1987	18/10/1994	12/09/2006
08/11/1988	25/09/1998	06/08/2007

Taula I.11. Episodis d'inundació a Viladecans.

Data de l'episodi	<b>BADALONA</b>	
01/10/1951	04/10/1991	13/09/1999
17/05/1977	06/08/1995	31/07/2002
08/10/1985	21/09/1995	02/08/2005
06/06/1988	27/01/1998	05/09/2005
08/11/1988	02/12/1998	

Taula I.12. Episodis d'inundació a Badalona.

Data de l'episodi	<b>MONTCADA I REIXAC</b>	
31/08/1926	28/09/1987	23/09/2002
27/04/1942	29/09/1994	02/08/2005
24/02/1944	21/09/1997	12/09/2006
25/09/1962	18/08/1998	10/10/2010
06/11/1983	13/09/1999	

Taula I.13. Episodis d'inundació a Montcada i Reixac.

Data de l'episodi	<b>SANT VICENÇ DELS HORTS</b>	
28/09/1913	06/11/1983	26/08/1993
25/09/1962	28/09/1986	06/09/1993
19/09/1971	28/09/1987	09/10/1994
07/09/1973	29/09/1988	10/06/2000
06/11/1982	08/11/1988	

Taula I.14. Episodis d'inundació a Sant Vicenç dels Horts.

Data de l'episodi	<b>SANT JOAN DESPÍ</b>	
21/09/1901	17/09/1974	15/08/1993
28/09/1913	21/08/1981	09/10/1994
24/02/1944	06/11/1982	10/06/2000
25/09/1962	28/09/1987	
19/09/1971	22/05/1990	

Taula I.15. Episodis d'inundació a Sant Joan Despí.

Data de l'episodi	<b>SANTA COLOMA DE CERVELLÓ</b>	
19/09/1971	28/09/1987	31/08/2001
07/09/1973	09/10/1994	12/09/2006
06/11/1982	02/12/1998	
08/10/1985	10/06/2000	

Taula I.16. Episodis d'inundació a Santa Coloma de Cervelló.

Data de l'episodi	<b>SANT ANDREU DE LA BARCA</b>	
21/09/1901	29/09/1988	09/10/1994
31/08/1926	08/11/1988	03/09/1999
06/11/1982	22/10/1990	10/06/2000

Taula I.17. Episodis d'inundació a Sant Andreu de la Barca.

Data de l'episodi	<b>ESPLUGUES DE LLOBREGAT</b>	
24/02/1944	22/09/1993	17/02/2007
19/09/1971	05/09/2005	12/08/2007
30/07/1987	12/09/2006	

Taula I.18. Episodis d'inundació a Esplugues de Llobregat.

Data de l'episodi	<b>SANTA COLOMA DE GRAMENET</b>	
27/04/1942	21/09/1995	27/09/2003
13/12/1943	27/01/1998	12/09/2006
28/09/1987	31/07/2002	

Taula I.19. Episodis d'inundació a Santa Coloma de Gramenet.

Data de l'episodi	<b>CERDANYOLA DEL VALLÈS</b>	
25/09/1962	18/05/1993	12/08/2007
28/09/1987	13/09/1997	
22/10/1990	21/09/1997	

Taula I.20. Episodis d'inundació a Cerdanyola del Vallès.

Data de l'episodi	<b>PALLEJÀ</b>	
19/09/1971	18/11/1996	12/09/2006
28/09/1987	02/12/1998	
09/10/1994	10/06/2000	

Taula I.21. Episodis d'inundació a Pallejà.

Data de l'episodi	<b>RIPOLLET</b>	
25/09/1962	28/09/1987	07/09/2003
06/11/1983	26/09/1999	12/09/2005

Taula I.22. Episodis d'inundació a Ripollet.

Data de l'episodi	<b>SANT ADRIÀ DEL BESÒS</b>	
24/02/1944	28/09/1987	21/09/1995
25/09/1962	08/11/1988	12/09/2006

Taula I.23. Episodis d'inundació a Sant Adrià del Besòs.

Data de l'episodi	<b>BARBERÀ DEL VALLÈS</b>	
25/09/1962	18/09/1995	12/09/2005
18/05/1993	13/09/1999	

Taula I.24. Episodis d'inundació a Barberà del Vallès.

Data de l'episodi	<b>EL PAPIOL</b>	
28/09/1913	19/09/1971	02/08/2005
25/09/1962	28/09/1987	

Taula I.25. Episodis d'inundació al Papiol.

Data de l'episodi	<b>SANT CUGAT DEL VALLÈS</b>	
06/11/1983	17/09/1996	13/09/1999
18/09/1995	21/09/1997	

Taula I.26. Episodis d'inundació a Sant Cugat del Vallès.

Data de l'episodi	<b>CASTELLBISBAL</b>	
19/09/1971	10/06/2000	
06/11/1982	12/09/2006	

Taula I.27. Episodis d'inundació a Castellbisbal.

Data de l'episodi	<b>CORBERA DE LL.</b>	
19/09/1971	08/11/1988	
29/09/1988	12/09/2006	

Taula I.28. Episodis d'inundació a Corbera de Llobregat.

Data de l'episodi	<b>TORRELLES DE LL.</b>	
19/09/1971	30/09/1993	
06/11/1982	10/06/2000	

Taula I.29. Episodis d'inundació a Torrelles de Llobregat.

Data de l'episodi	<b>SANT JUST D.</b>	
24/02/1944	22/09/1993	
19/09/1971		

Taula I.30. Episodis d'inundació a Sant Just Desvern.

Data de l'episodi	<b>BEGUES</b>
25/09/1998	12/07/2008

Taula I.31. Episodis d'inundació a Begues.

Data de l'episodi	<b>CERVELLÓ</b>
07/09/2003	12/09/2006

Taula I.32. Episodis d'inundació a Cervelló.

Data de l'episodi	<b>TIANA</b>
10/07/2000	03/10/2008

Taula I.33. Episodis d'inundació a Tiana.

Data de l'episodi	<b>PALMA DE CERVELLÓ</b>
29/09/1988	

Taula I.34. Episodis d'inundació a Palma de Cervelló.

## ANNEX II. Distribució i evolució mensual d'episodis d'inundacions a l'Àrea Metropolitana de Barcelona

### - DISTRIBUCIÓ MENSUAL D'EPISODIS D'INUNDACIÓ 1900-2010

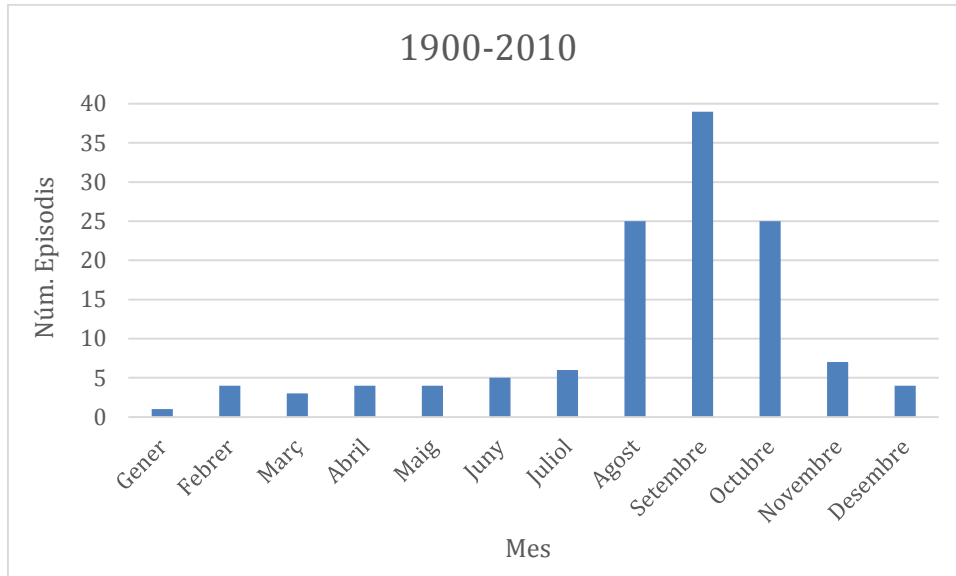


Figura. II.1. Número d'episodis d'inundacions per cada mes entre 1900 i 2010.

### - DISTRIBUCIÓ MENSUAL D'EPISODIS D'INUNDACIÓ 1981-2010

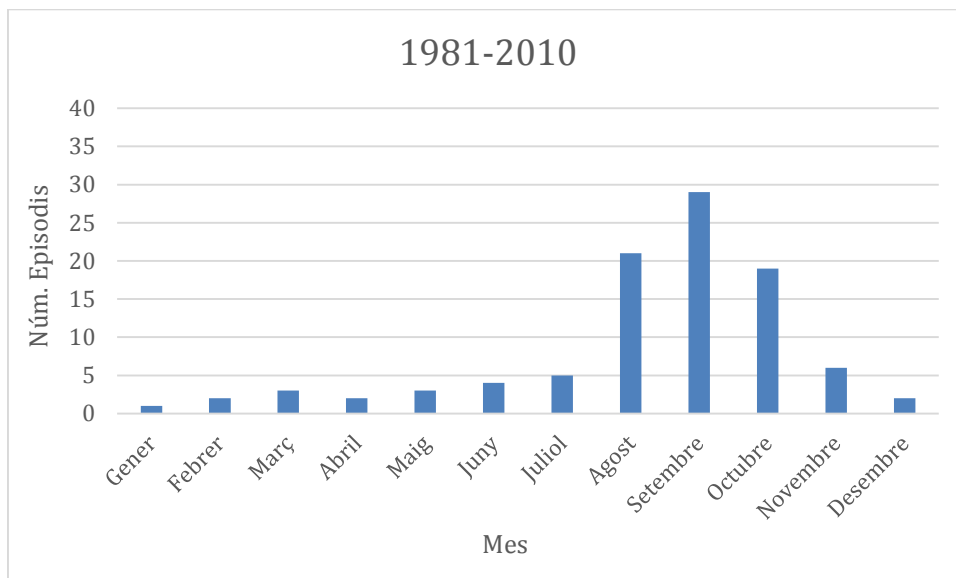


Figura.II.2. Número d'episodis d'inundacions per cada mes entre 1981 i 2010.

- EVOLUCIÓ D'EPISODIS D'INUNDACIONS ENTRE 1981 I 2010 PER A CADA MES

S'indiquen els episodis per a cada mes i s'acompanya de gràfiques per als mesos de juny a novembre, ja que tenen més de dos episodis.

Data de l'episodi	<b>GENER</b>
27/01/1998	

Taula II.1. Episodis d'inundacions gener.

Data de l'episodi	<b>FEBRER</b>
16/02/1982	17/02/2007

Taula II.2. Episodis d'inundacions febrer.

Data de l'episodi	<b>MARÇ</b>
27/03/1982	01/03/1986
14/03/1984	

Taula II.3. Episodis d'inundacions març.

Data de l'episodi	<b>ABRIL</b>
17/04/1996	03/04/2007

Taula II.4. Episodis d'inundacions abril.

Data de l'episodi	<b>MAIG</b>
22/05/1990	18/05/1993
08/05/1991	

Taula II.5. Episodis d'inundacions maig.

Data de l'episodi	<b>JUNY</b>
06/06/1988	10/06/2000
19/06/1997	01/06/2008

Taula II.6. Episodis d'inundacions juny.

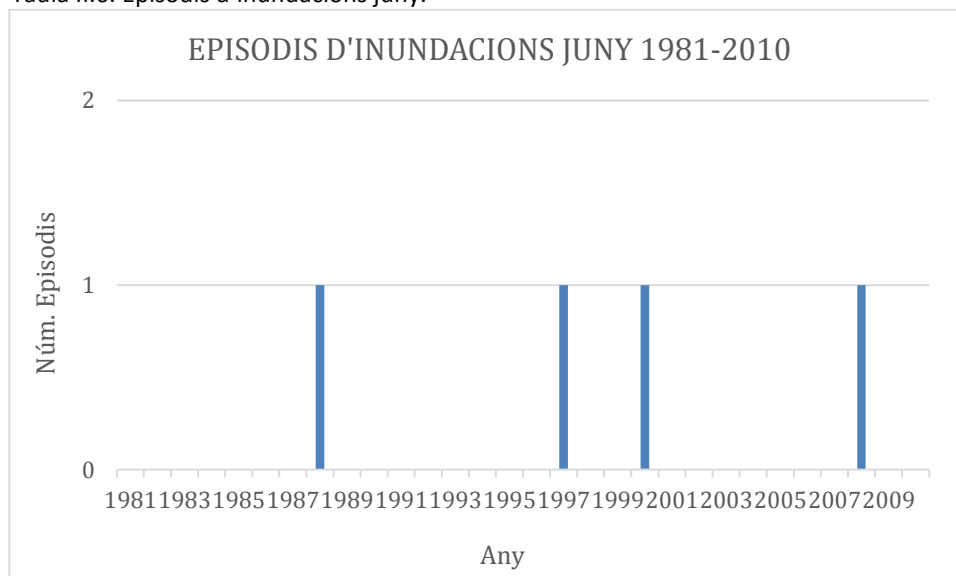


Figura. II.3. Evolució dels episodis d'inundacions al juny entre 1981 i 2010.

Data de l'episodi	<b>JULIOL</b>	
30/07/1987	14/07/2001	12/07/2008
10/07/2000	31/07/2002	

Taula II.7. Episodis d'inundacions juliol.

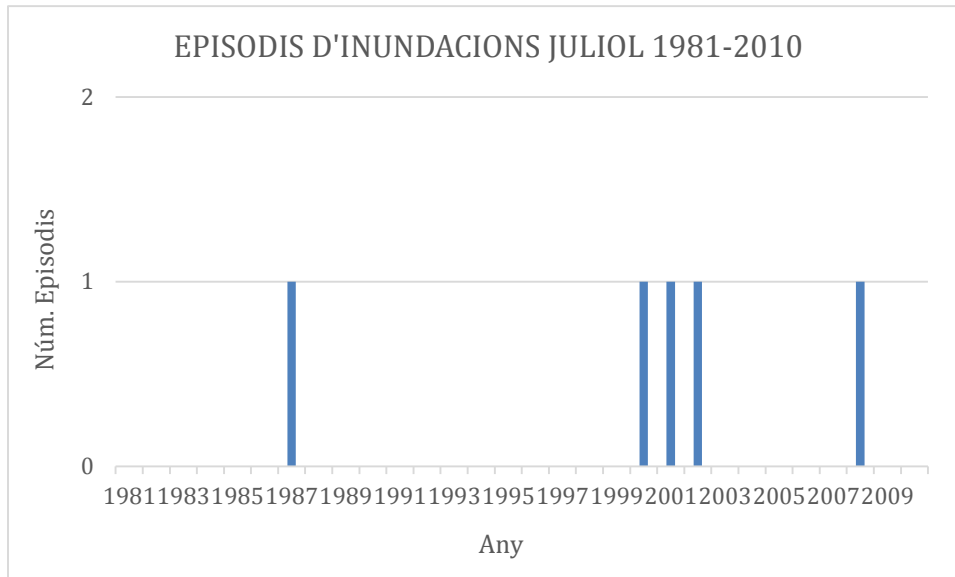


Figura. II.4. Evolució dels episodis d'inundacions al juliol entre 1981 i 2010.

Data de l'episodi	<b>AGOST</b>	
21/08/1981	15/08/1993	31/08/2001
07/08/1982	24/08/1993	10/08/2002
22/08/1983	26/08/1993	17/08/2003
27/08/1984	06/08/1995	02/08/2005
09/08/1989	24/08/1995	19/08/2005
06/08/1990	18/08/1998	06/08/2007
08/08/1991	04/08/2000	12/08/2007

Taula II.8. Episodis d'inundacions agost.

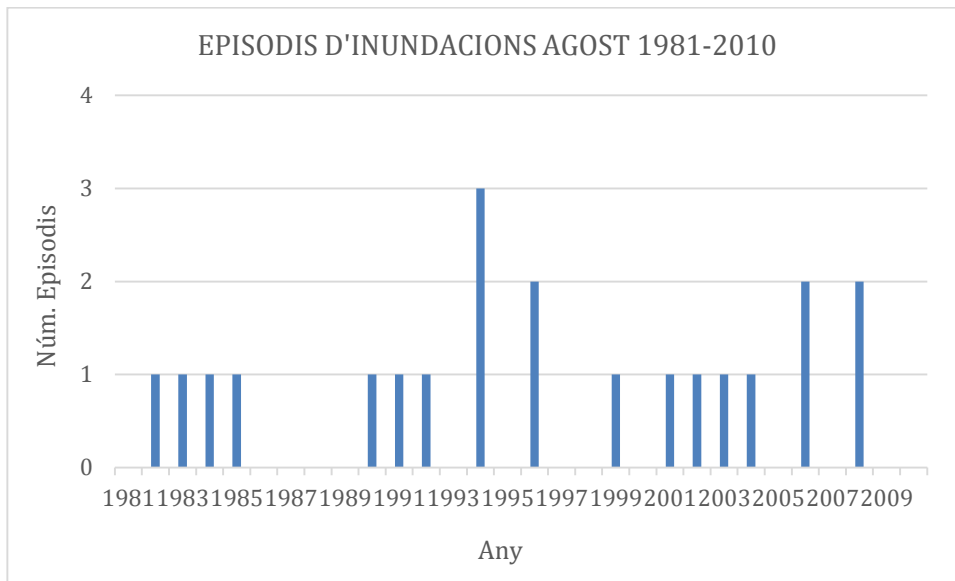


Figura. II.5. Evolució dels episodis d'inundacions a l'agost entre 1981 i 2010.

Data de l'episodi	<b>SETEMBRE</b>	
28/09/1986	21/09/1995	07/09/2003
28/09/1987	17/09/1996	20/09/2003
29/09/1988	13/09/1997	27/09/2003
25/09/1991	21/09/1997	02/09/2004
06/09/1993	25/09/1998	05/09/2005
22/09/1993	03/09/1999	12/09/2005
30/09/1993	13/09/1999	17/09/2005
23/09/1994	26/09/1999	12/09/2006
29/09/1994	12/09/2002	14/09/2009
18/09/1995	23/09/2002	

Taula II.9. Episodis d'inundacions setembre.

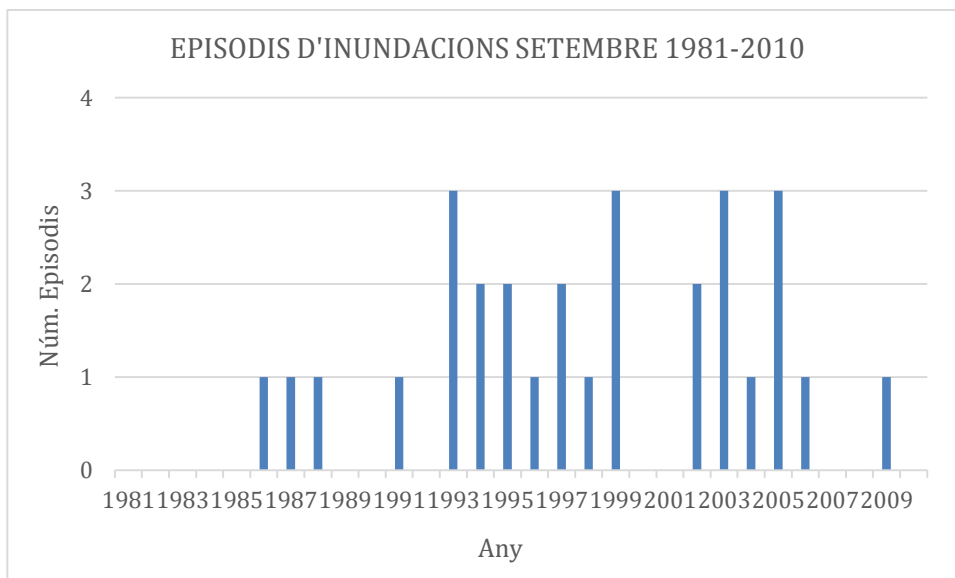


Figura. II.6. Evolució dels episodis d'inundacions al setembre entre 1981 i 2010.

Data de l'episodi	<b>OCTUBRE</b>	
22/10/1982	09/10/1994	11/10/2005
08/10/1985	18/10/1994	03/10/2008
19/10/1985	14/10/1996	17/10/2008
25/10/1985	23/10/1997	22/10/2009
22/10/1990	17/10/1999	10/10/2010
04/10/1991	08/10/2002	
26/10/1993	16/10/2003	

Taula II.10. Episodis d'inundacions octubre.

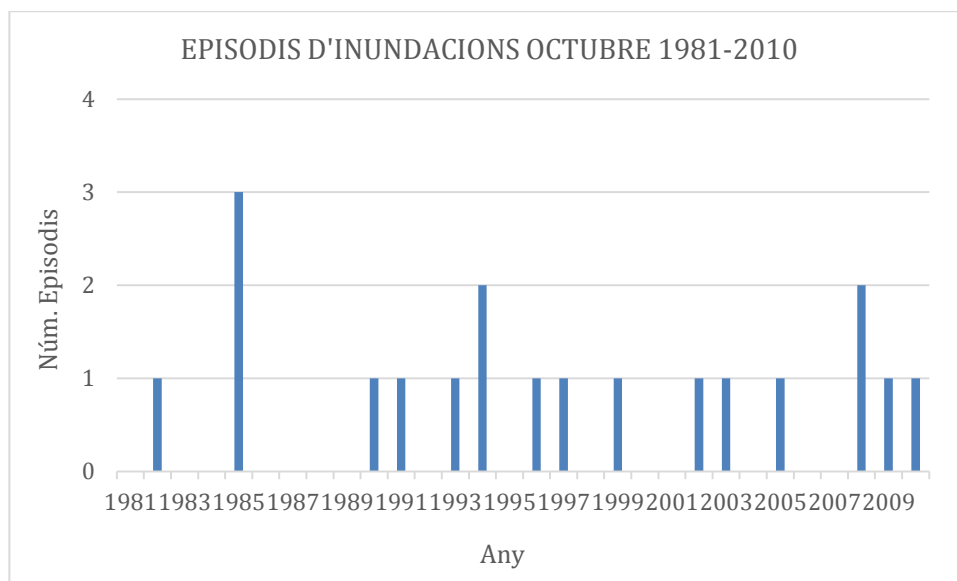


Figura. II.7. Evolució dels episodis d'inundacions a l'octubre entre 1981 i 2010.

Data de l'episodi	<b>NOVEMBRE</b>	
06/11/1982	05/11/1984	14/11/1989
06/11/1983	08/11/1988	18/11/1996

Taula II.11. Episodis d'inundacions novembre.

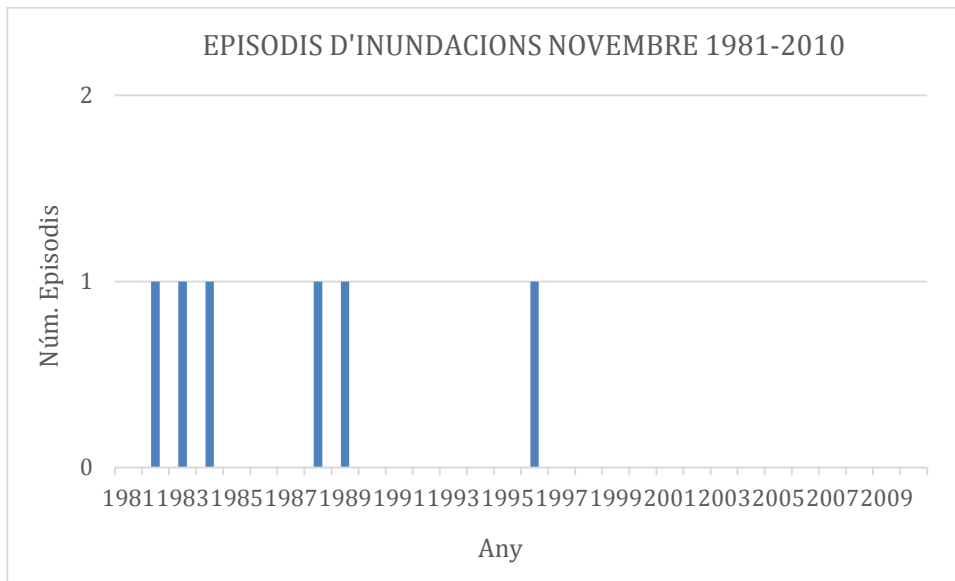


Figura. II.8. Evolució dels episodis d'inundacions al novembre entre 1981 i 2010.

Data de l'episodi	<b>DESEMBRE</b>
11/12/1991	02/12/1998

Taula II.12. Episodis d'inundacions desembre.

### ANNEX III. Distribució i evolució trimestral dels episodis d'inundacions a l'Àrea Metropolitana de Barcelona

- DISTRIBUCIÓ TRIMESTRAL DELS EPISODIS D'INUNDACIONS ENTRE 1900 I 2010

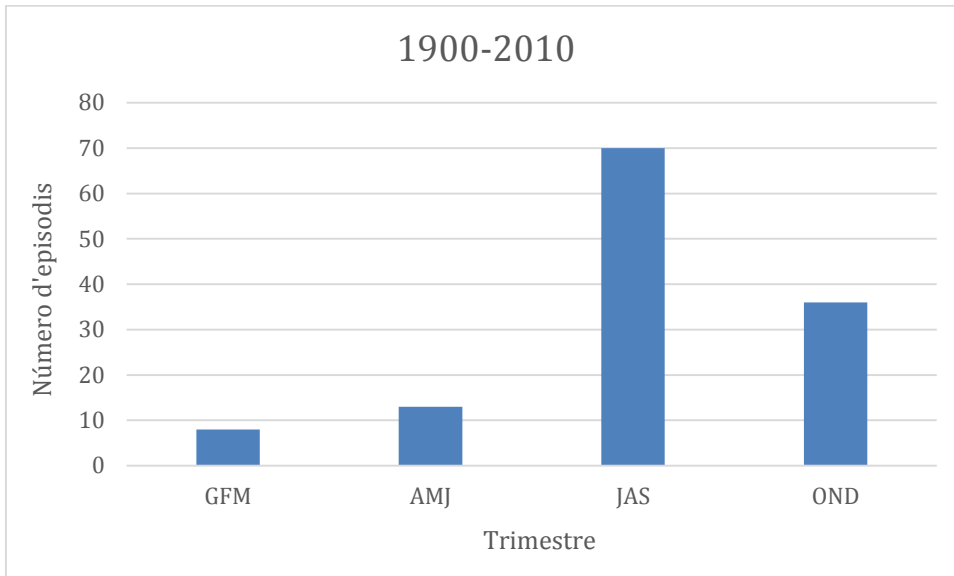


Figura. III.1. Distribució trimestral dels episodis d'inundacions entre 1900 i 2010 a l'AMB.

- DISTRIBUCIÓ TRIMESTRALS DEL EPISODIS D'INUNDACIONS ENTRE 1981 I 2010

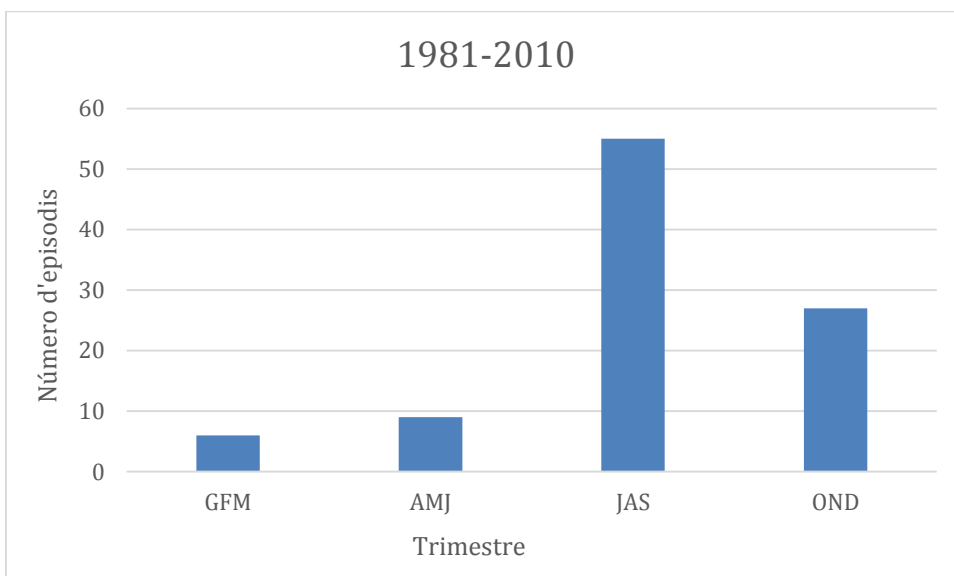


Figura. III.2. Distribució trimestral dels episodis d'inundacions entre 1981 i 2010 a l'AMB.

- EVOLUCIÓ DELS EPISODIS D'INUNDACIONS ENTRE 1981 I 2010 AGRUPATS TRIMESTRALMENT

Hivern (Gener-Febrer-Marc)

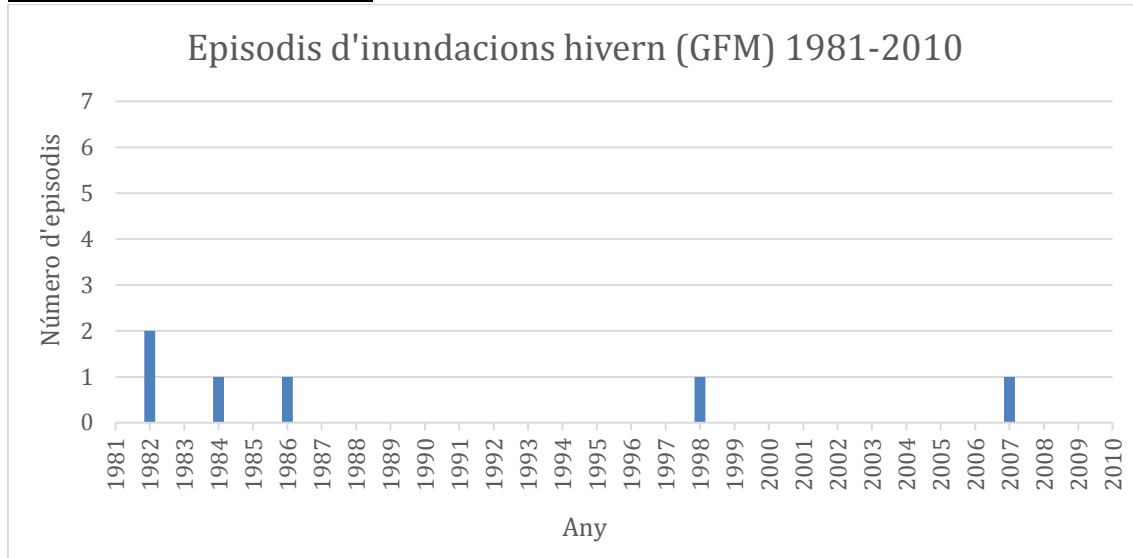


Figura. III.3. Evolució dels episodis d'inundacions pels mesos d'hivern entre 1981 i 2010 a l'AMB.

Primavera (Abril-Maig-Juny)

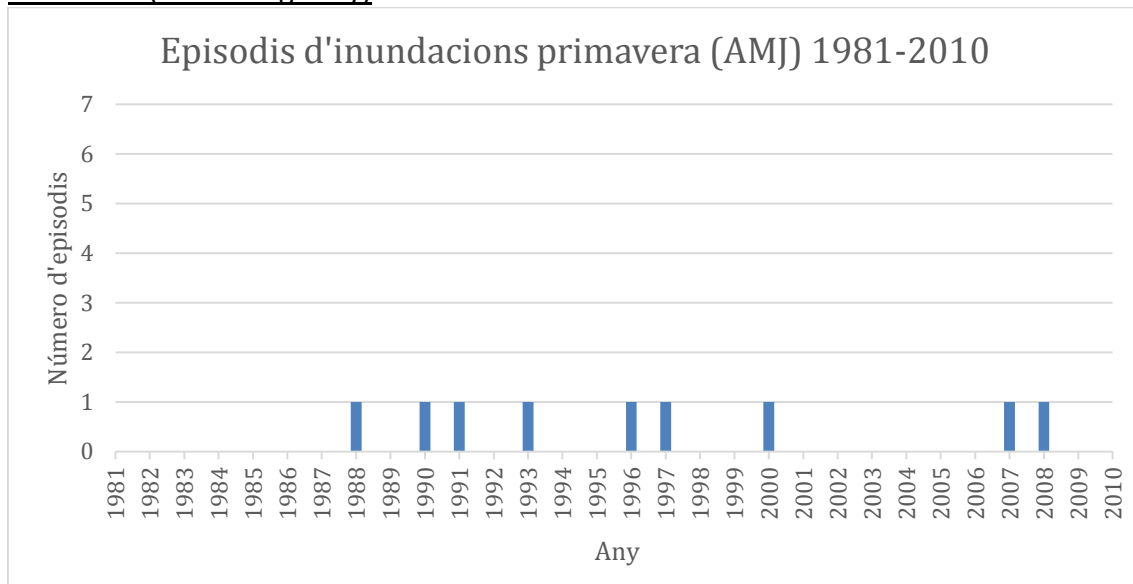


Figura. III.4. Evolució dels episodis d'inundacions pels mesos de primavera entre 1981 i 2010 a l'AMB.

**Estiu (Juliol-Agost-Setembre)**

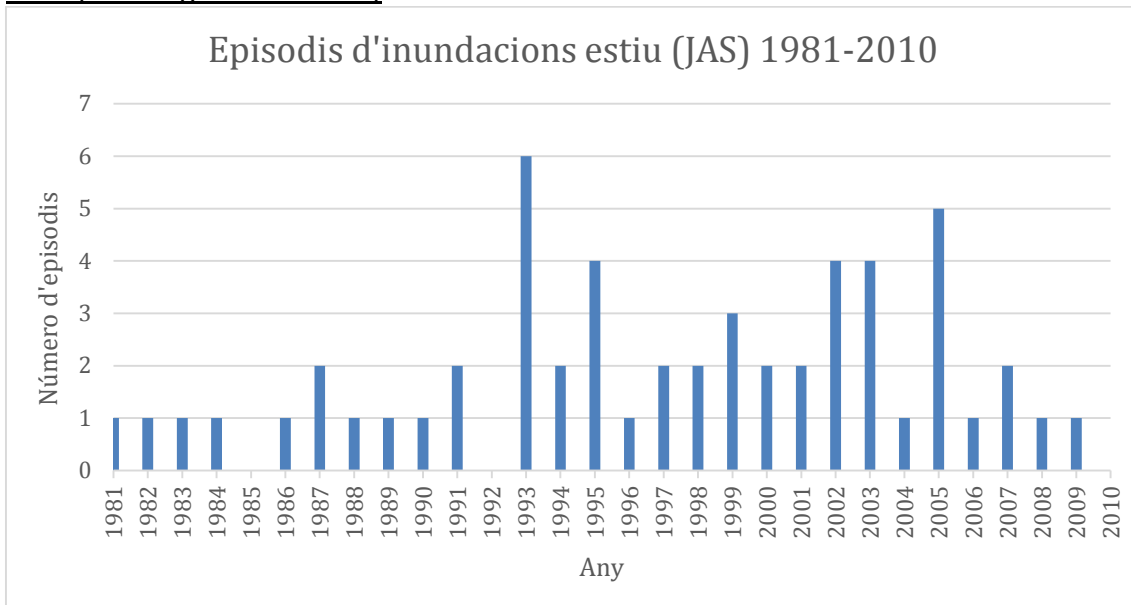


Figura. III.5. Evolució dels episodis d'inundacions pels mesos d'estiu entre 1981 i 2010 a l'AMB.

**Tardor (Octubre-Novembre-Desembre)**

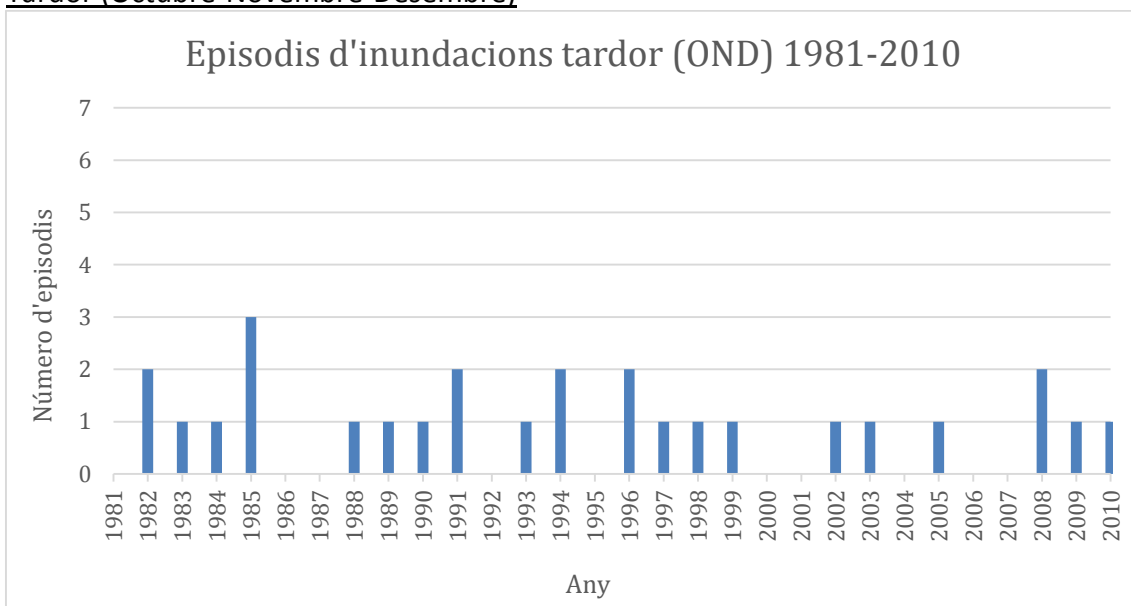


Figura. III.6. Evolució dels episodis d'inundacions pels mesos de tardor entre 1981 i 2010 a l'AMB.

## ANNEX IV. Distribució i evolució anual del nombre d'episodis d'inundació

DISTRIBUCIÓ MENSUAL EPISODIS D'INUNDACIÓ A BARCELONA QUE HAN DURAT UN SOL DIA O MENYS

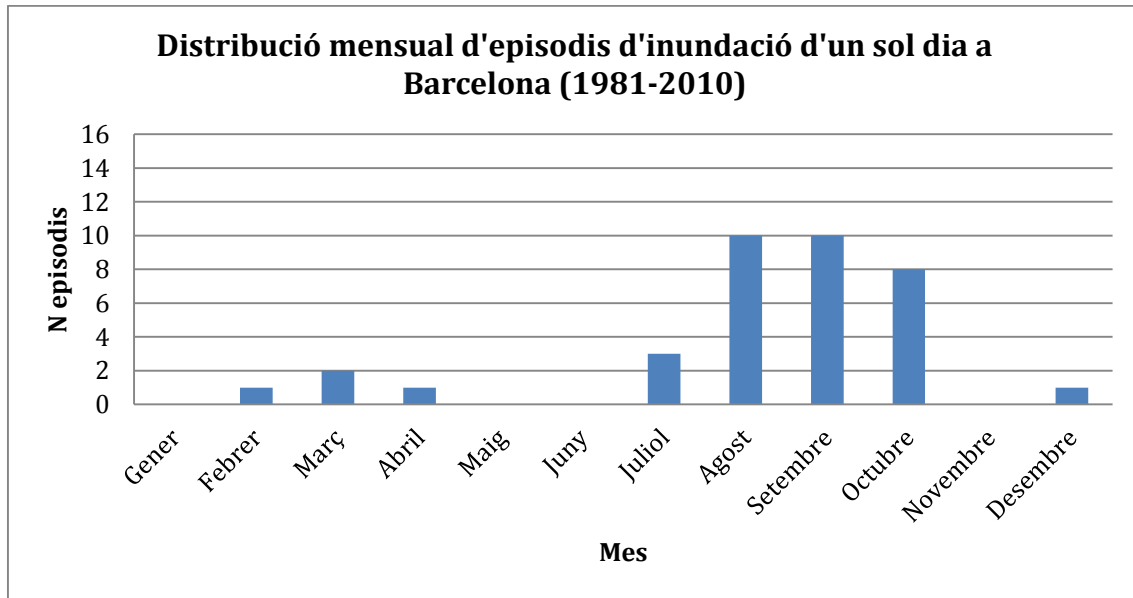


Figura. IV.1. Distribució mensual dels episodis d'inundacions entre 1981 i 2010 d'un sol dia de duració a Barcelona.

DISTRIBUCIÓ MENSUAL EPISODIS D'INUNDACIÓ A L'AMB SENSE BARCELONA QUE HAN DURAT UN SOL DIA O MENYS

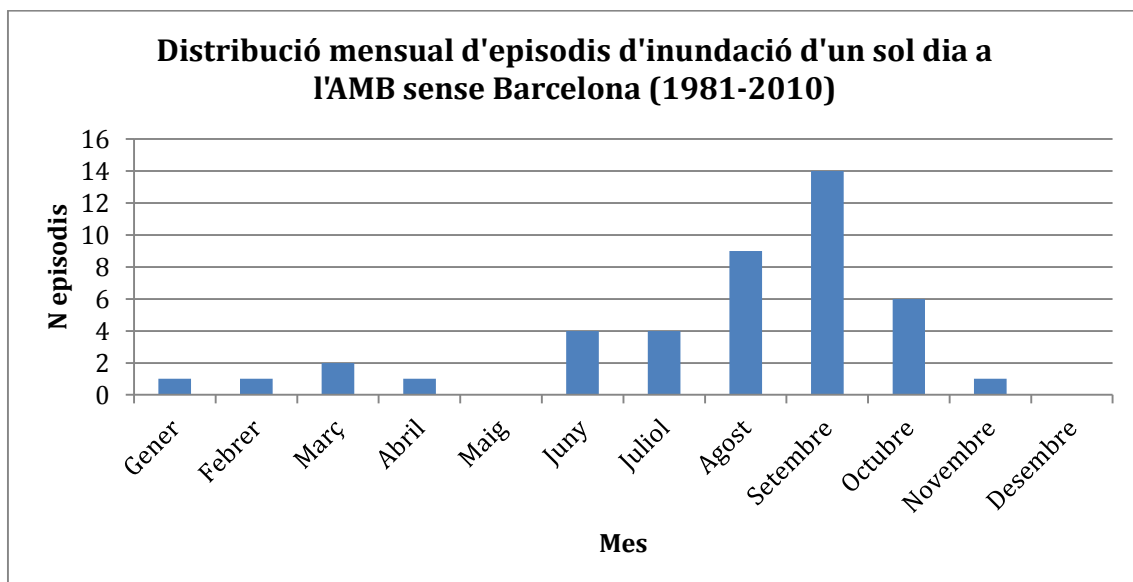


Figura. IV.2. Distribució mensual dels episodis d'inundacions entre 1981 i 2010 d'un sol dia de duració a l'AMB sense Barcelona.

DISTRIBUCIÓ MENSUAL EPISODIS D'INUNDACIÓ A BARCELONA QUE HAN DURAT MÉS D'UN DIA

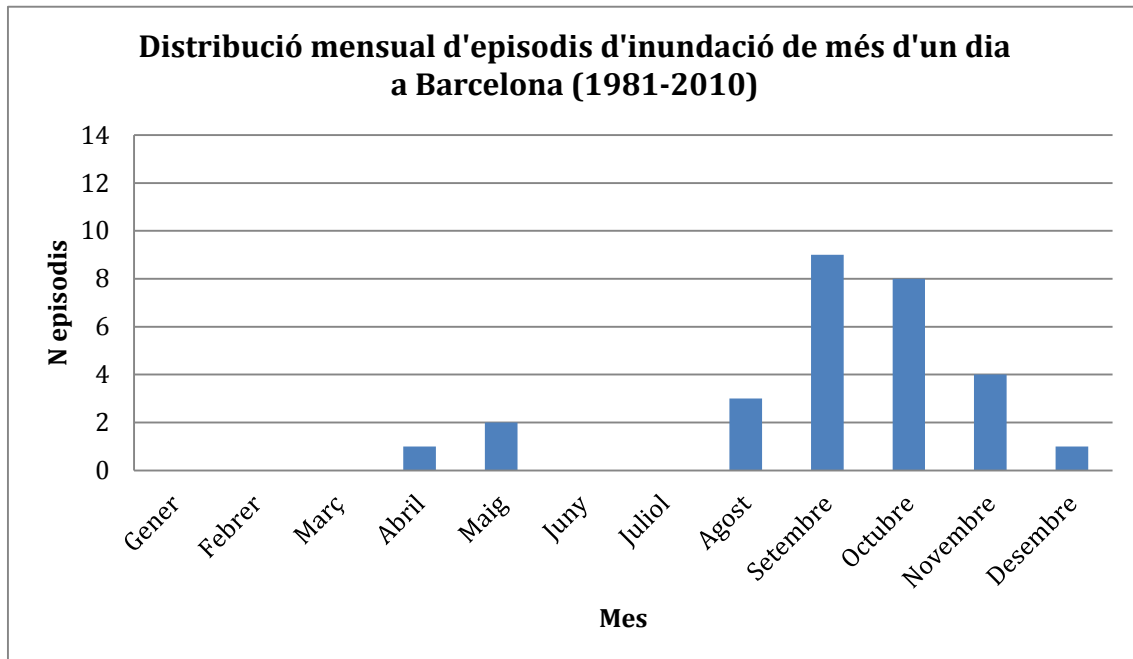


Figura. IV.3. Distribució mensual dels episodis d'inundacions entre 1981 i 2010 de més d'un dia de duració a Barcelona.

DISTRIBUCIÓ MENSUAL EPISODIS D'INUNDACIÓ A L'ÀMB SENSE BARCELONA QUE HAN DURAT MÉS D'UN DIA

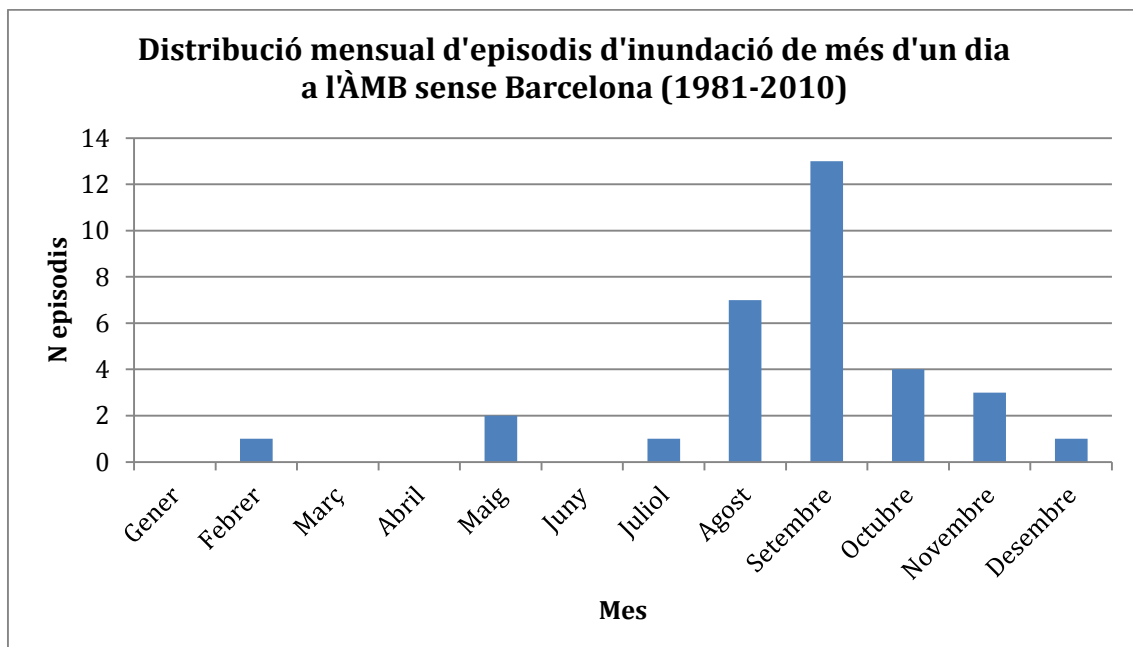


Figura. IV.4. Distribució mensual dels episodis d'inundacions entre 1981 i 2010 de més d'un dia de duració a l'ÀMB sense Barcelona.

EVOLUCIÓ ANUAL EPISODIS D'INUNDACIÓ A BARCELONA QUE HAN DURAT UN SOL DIA O MENYS

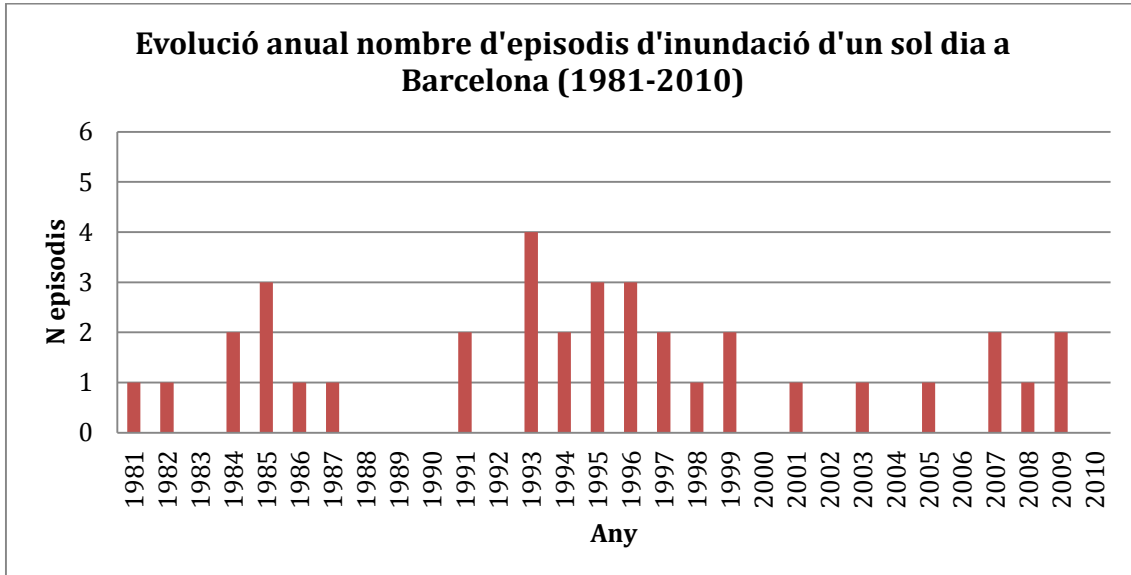


Figura. IV.5. Evolució anual dels episodis d'inundacions entre 1981 i 2010 d'un sol dia de duració a Barcelona.

EVOLUCIÓ ANUAL EPISODIS D'INUNDACIÓ A AMB SENSE BARCELONA QUE HAN DURAT UN SOL DIA O MENYS

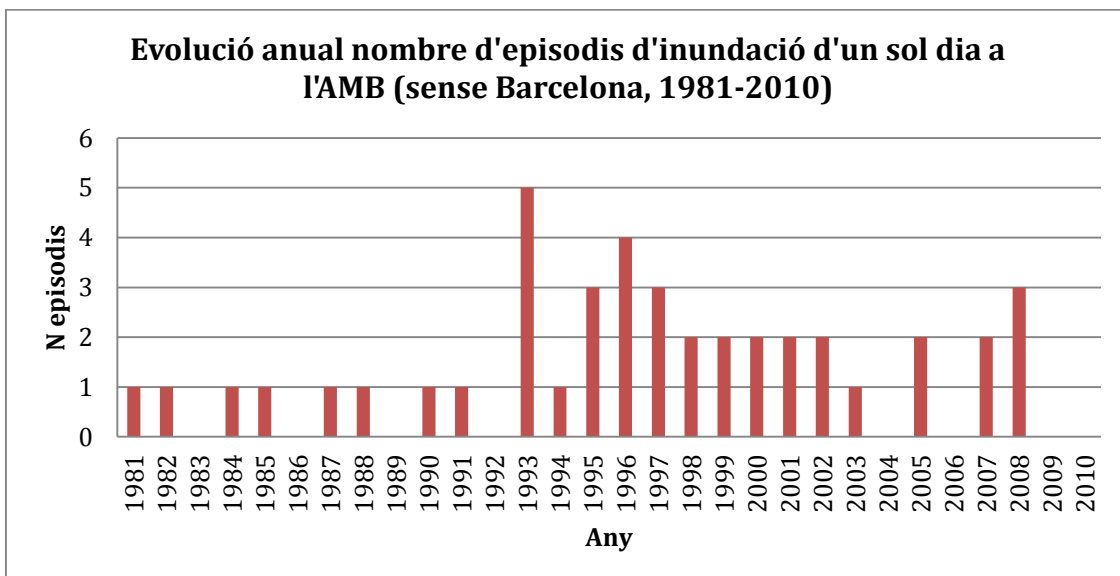


Figura. IV.6. Evolució anual dels episodis d'inundacions entre 1981 i 2010 d'un sol dia de duració a l'AMB sense Barcelona.

## ANNEX V. Indemnitzacions pagades pel CCS per inundacions

### DISTRIBUCIÓ MUNICIPAL D'INDEMNITZACIONS PER INUNDACIONS PAGADES PEL CCS

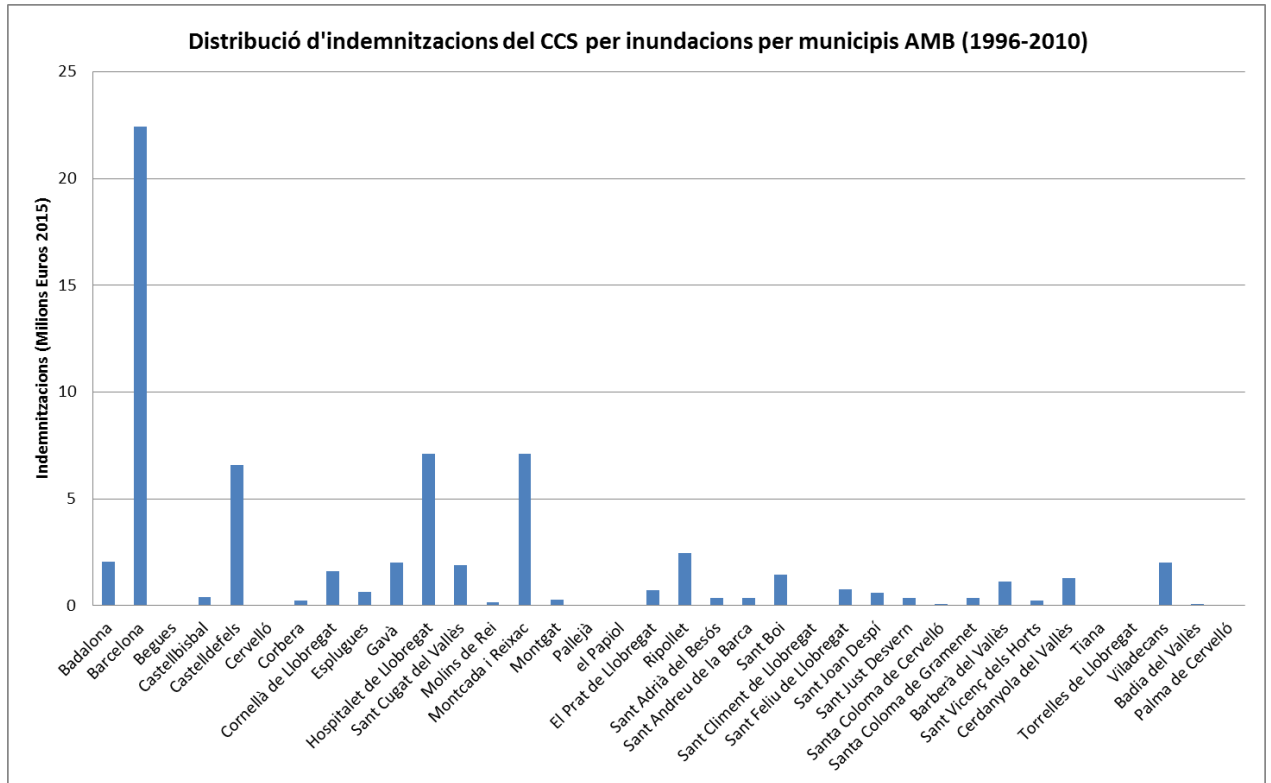


Figura. V.1. Distribució de les indemnitzacions pagades pel CCS per inundacions a municipis de l'AMB entre 1996 i 2010.

**ANNEX VI. Gràfics sobre els índex d'extremes per les estacions de l'Aeroport i la sèrie de Barcelona.**

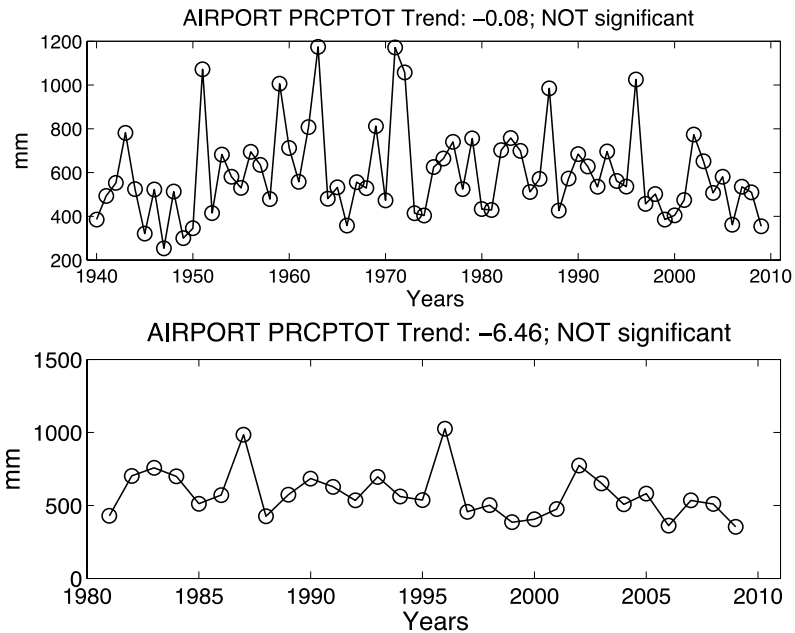


Figura. VI.1. Evolució de la pluja total anual a l'Aeroport en el període disponible (1940-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

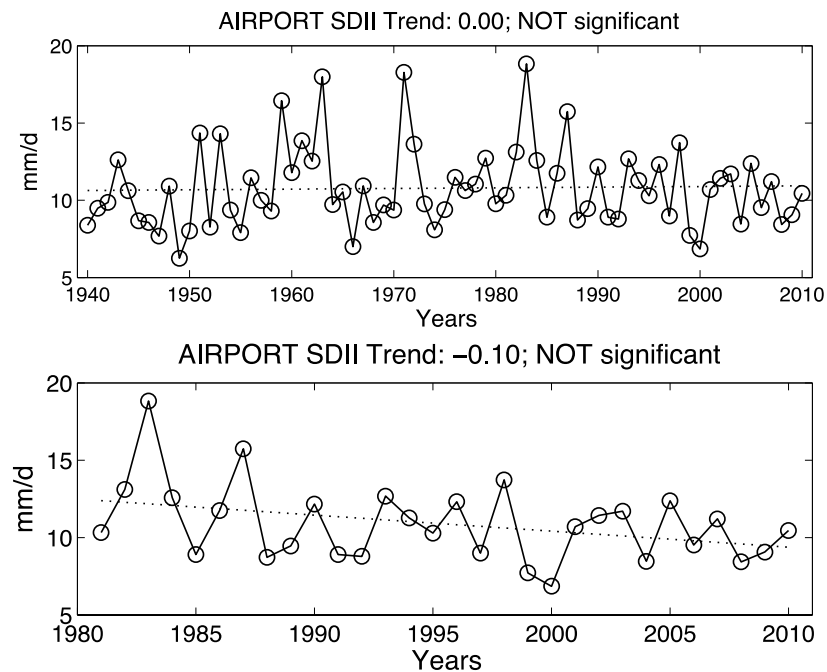


Figura. VI.2. Evolució de l'índex SDII a l'Aeroport en el període disponible (1940-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

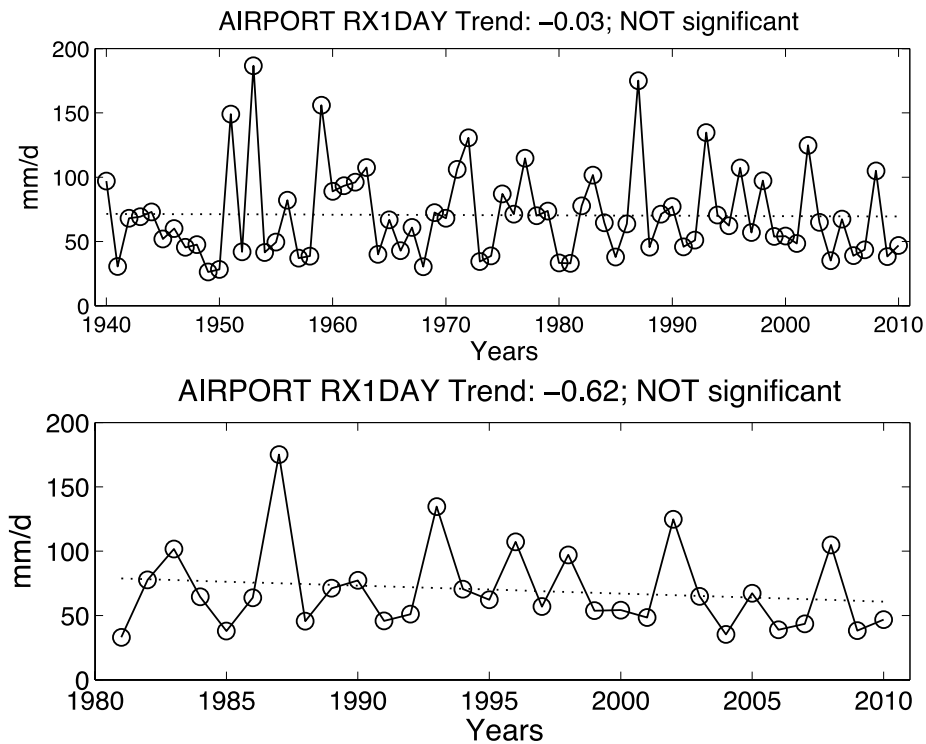


Figura. VI.3. Evolució de l'índex RX1DAY a l'Aeroport en el període disponible (1940-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

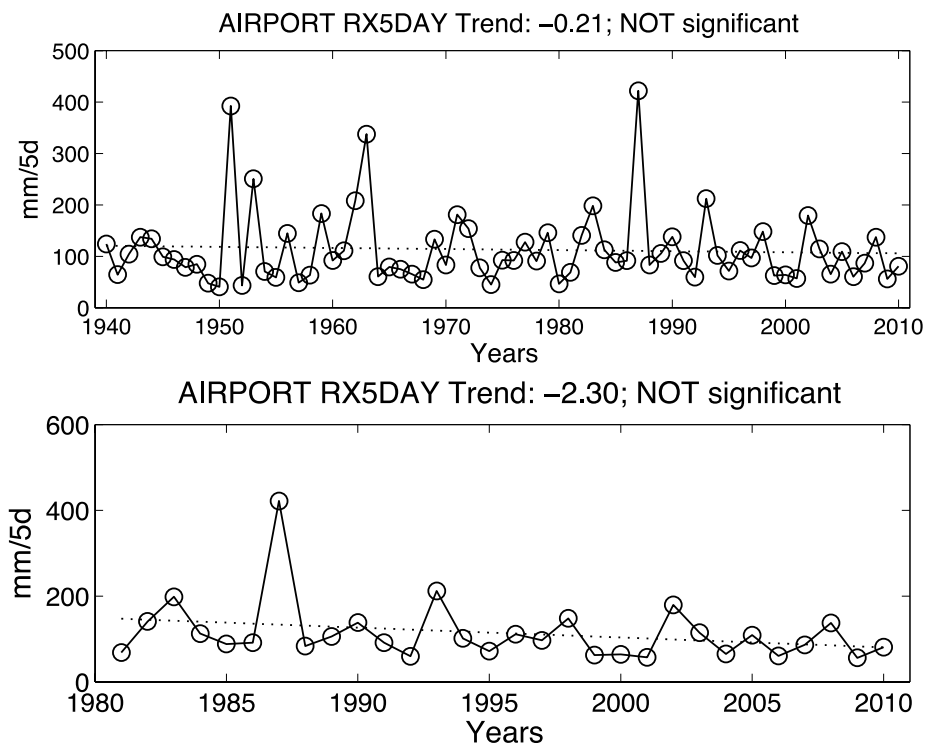


Figura. VI.4. Evolució de l'índex RX5DAY a l'Aeroport en el període total disponible (1940-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

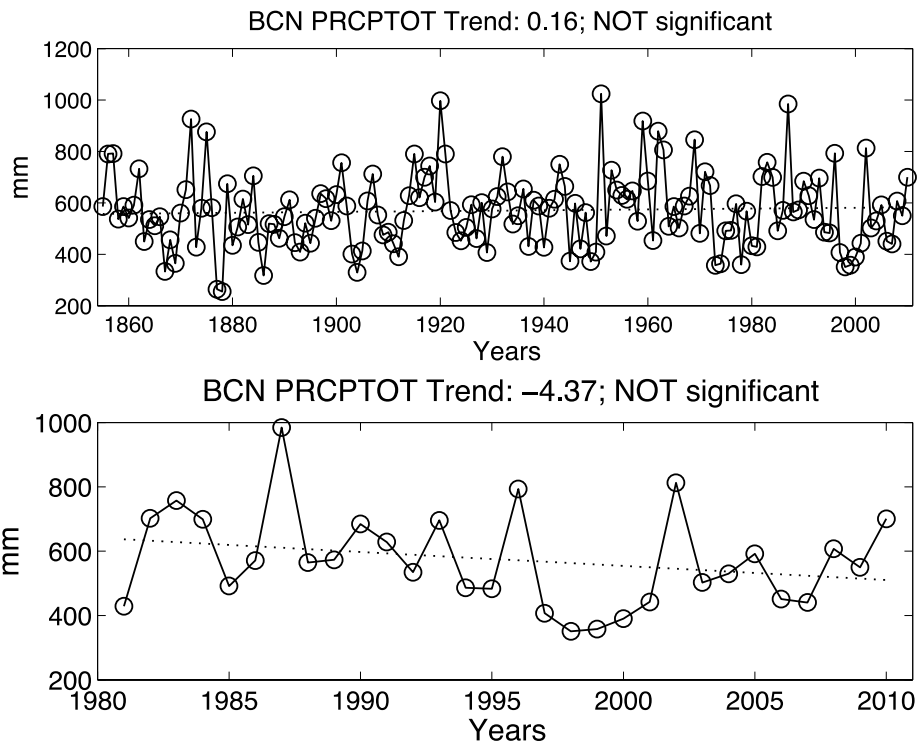


Figura. VI.5. Evolució de la pluja total anual per la sèrie de Barcelona en el període disponible (1855-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

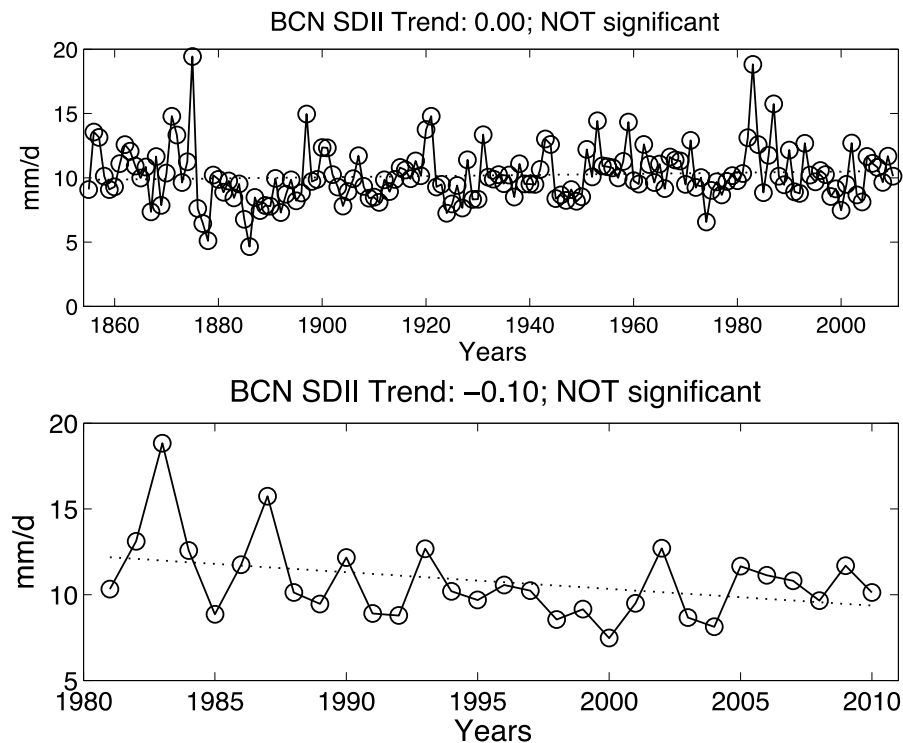


Figura. VI.6. Evolució de l'índex SDII per la sèrie de Barcelona en el període disponible (1855-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

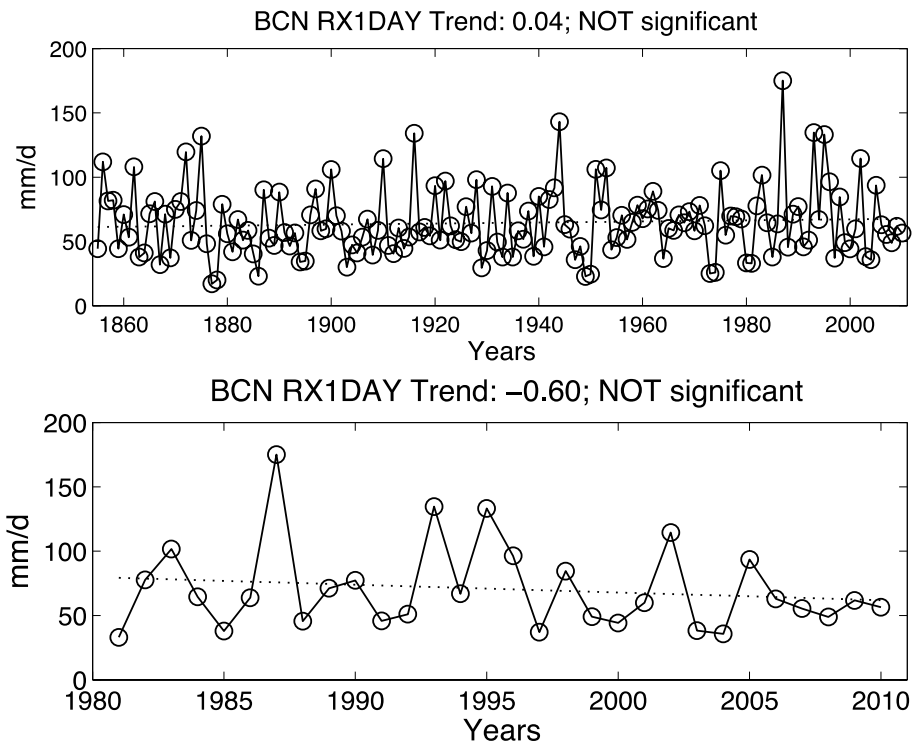


Figura. VI.7. Evolució de l'índex RX1DAY per la sèrie de Barcelona en el període disponible (1855-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

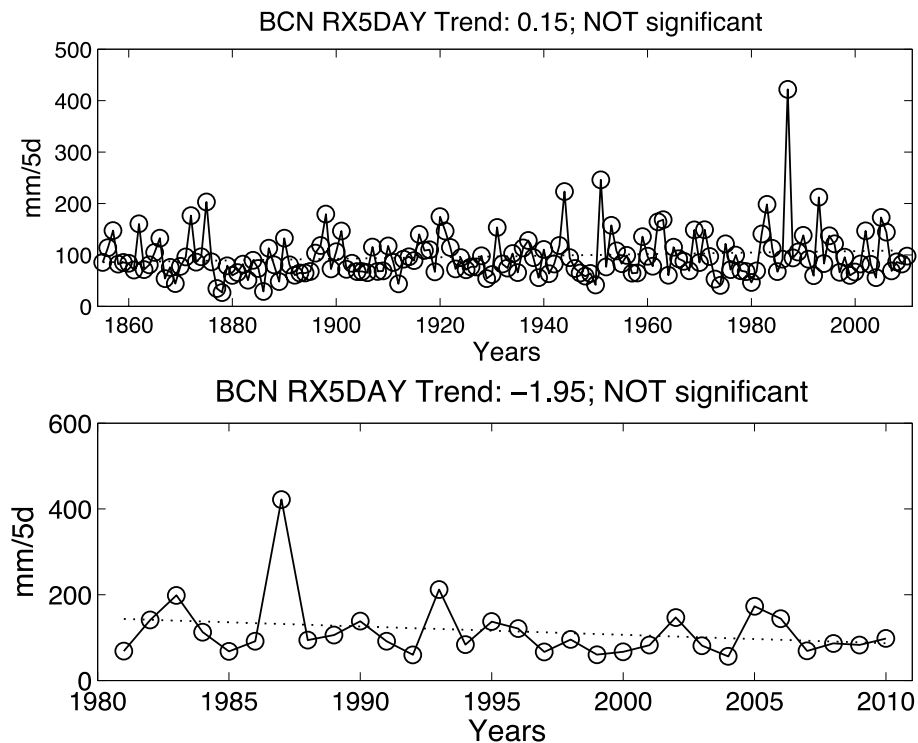


Figura. VI.8. Evolució de l'índex RX5DAY per la sèrie de Barcelona en el període total disponible (1855-2010; a dalt) i 1981-2010 (sota)

## ANNEX VII. Taules d'escorrentia mitja ponderada (mm) per cada municipi seleccionat per una precipitació de 140 mm i considerant diferents Ce

Les taules següents presenten l'escorrentia mitjana que registrarien els tres municipis seleccionats amb la hipòtesi de que caigués una precipitació de 140 mm. S'ha treballat amb els Ce que s'inclouen a l'informe i que corresponen a diferents períodes de retorn de la precipitació. En aquest exemple, estrictament, la quantitat de 140 mm es correspon aproximadament amb el període de retorn de 100 anys.

Permeabilitat Prat	MCSC- Vol						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	2	3	3	3
<i>Permeable mig</i>	6	7	7	8	9	9	11
<i>Permeable baix</i>	32	35	38	40	44	47	55
<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Impermeable mig</i>	3	3	3	4	4	4	5
<i>Impermeable alt</i>	8	9	9	10	10	11	11

Permeabilitat Prat	MCSC- 1						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	2	2	3	3
<i>Permeable mig</i>	7	8	9	9	10	11	13
<i>Permeable baix</i>	20	22	24	26	28	30	35
<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Impermeable mig</i>	5	5	5	6	6	6	7
<i>Impermeable alt</i>	29	31	32	34	36	38	39

Permeabilitat Prat	MCSC- 2						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	2	2	3	3
<i>Permeable mig</i>	9	9	10	11	12	13	15
<i>Permeable baix</i>	14	15	16	17	19	20	23
<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Impermeable mig</i>	6	6	7	7	8	8	9
<i>Impermeable alt</i>	34	36	37	40	42	44	46

Permeabilitat Prat	MCSC- 3						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	1	1	1	1	1	2	2
<i>Permeable mig</i>	7	8	8	9	10	11	12
<i>Permeable baix</i>	6	7	7	8	8	9	10
<i>Impermeable baix</i>	1	2	2	2	2	2	2
<i>Impermeable mig</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable alt</i>	58	61	64	68	71	75	78

Permeabilitat Prat	MCSC- 4						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	1	1	1	1	1	2	2
<i>Permeable mig</i>	6	6	6	7	8	8	10
<i>Permeable baix</i>	5	6	6	7	7	8	9
<i>Impermeable baix</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable mig</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable alt</i>	63	67	70	74	78	82	85

Taules VI. 1 (a-e). Escorrentia que representa cada superfície per una precipitació associada de 140mm. Per les diferents edicions de MCSC per el Prat de Llobregat.

Permeabilitat Viladecans	MCSC- Vol						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	2	3	3	3
<i>Permeable mig</i>	6	7	7	8	9	9	11
<i>Permeable baix</i>	32	35	38	40	44	47	55
<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Impermeable mig</i>	3	3	3	4	4	4	5
<i>Impermeable alt</i>	8	9	9	10	10	11	11

Permeabilitat Viladecans	MCSC- 1						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	2	2	3	3
<i>Permeable mig</i>	7	8	9	9	10	11	13
<i>Permeable baix</i>	20	22	24	26	28	30	35
<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Impermeable mig</i>	5	5	5	6	6	6	7
<i>Impermeable alt</i>	29	31	32	34	36	38	39

Permeabilitat Viladecans	MCSC- 2						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	2	2	3	3
<i>Permeable mig</i>	9	9	10	11	12	13	15
<i>Permeable baix</i>	14	15	16	17	19	20	23
<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Impermeable mig</i>	6	6	7	7	8	8	9
<i>Impermeable alt</i>	34	36	37	40	42	44	46

Permeabilitat Viladecans	MCSC- 3						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	1	1	1	1	1	2	2
<i>Permeable mig</i>	7	8	8	9	10	11	12
<i>Permeable baix</i>	6	7	7	8	8	9	10
<i>Impermeable baix</i>	1	2	2	2	2	2	2
<i>Impermeable mig</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable alt</i>	58	61	64	68	71	75	78

Permeabilitat Viladecans	MCSC- 4						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	1	1	1	1	1	2	2
<i>Permeable mig</i>	6	6	6	7	8	8	10
<i>Permeable baix</i>	5	6	6	7	7	8	9
<i>Impermeable baix</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable mig</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable alt</i>	63	67	70	74	78	82	85

Taules VI. 2 (a-e). Escorrentia que representa cada superfície per una precipitació associada de 140mm. Per les diferents edicions de MCSC per Viladecans.

Permeabilitat Santa Coloma	MCSC- Vol						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	3	3	3	4
<i>Permeable mig</i>	6	7	7	8	9	10	11
<i>Permeable baix</i>	33	36	39	42	45	48	57
<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Impermeable mig</i>	3	3	4	4	4	4	5
<i>Impermeable alt</i>	8	9	9	10	10	11	11

Permeabilitat Santa Coloma	MCSC- 1						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	2	3	3	3
<i>Permeable mig</i>	8	8	9	10	11	11	14
<i>Permeable baix</i>	21	23	25	27	29	31	36
<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Impermeable mig</i>	5	5	5	6	6	6	7
<i>Impermeable alt</i>	30	32	33	35	37	39	40

Permeabilitat Santa Coloma	MCSC- 2						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	2	2	2	2	3	3	3
<i>Permeable mig</i>	9	10	10	11	12	13	16
<i>Permeable baix</i>	14	15	17	18	19	21	24
<i>Impermeable baix</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Impermeable mig</i>	6	7	7	7	8	8	9
<i>Impermeable alt</i>	35	37	39	41	43	45	47

Permeabilitat Santa Coloma	MCSC- 3						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	1	1	1	1	1	2	2
<i>Permeable mig</i>	7	8	8	9	10	11	13
<i>Permeable baix</i>	6	7	7	8	9	9	11
<i>Impermeable baix</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable mig</i>	2	2	2	2	2	3	3
<i>Impermeable alt</i>	60	63	66	70	74	78	81

Permeabilitat Santa Coloma	MCSC- 4						
	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500
<i>Moll</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Permeable alt</i>	1	1	1	1	2	2	2
<i>Permeable mig</i>	6	6	7	7	8	9	10
<i>Permeable baix</i>	5	6	6	7	8	8	9
<i>Impermeable baix</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable mig</i>	2	2	2	2	2	2	3
<i>Impermeable alt</i>	65	69	73	77	80	85	88

Taules VI. 2 (a-e). Escorrentia que representa cada superfície per una precipitació associada de 140mm.  
Per les diferents edicions de MCSC per Santa Coloma de Gramenet.